НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

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 ГОСТ 8.586.5:2009

Видання офіційне

Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2010

БЗ № 2–2010/270

ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009

НАЦІОНАЛЬНІ СТАНДАРТИ УКРАЇНИ

Метрологія

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

Частина 5. Методика виконання вимірювань

(ГОСТ 8.586.5–2005, IDT)

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 8.586.5-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений (Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 5. Методика виконання вимірювань)

Ступінь відповідності ГОСТ 8.586.5-2005 — ідентичний (IDT)

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 8.586.5:2007

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 8.586.5–2005 7

Додаток НА Переклад ГОСТ 8.586.5–2005 українською мовою 101

Додаток НБ Перелік стандартів, згармонізованих із міждержавними стандартами, на які є посилання у цьому стандарті 195

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є ідентичний 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 (Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 5. Методика виконання вимірювань).

У цьому стандарті враховано поправку до ГОСТ 8.586.5–2005, повідомлення про яку опубліковано на сайті МДР у системі електронного голосування за період з 12.08.2009 р. по 24.08.2009 р.

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 8.586.5:2007, який вирішено перевидати разом з 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;

— долучено 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. долучено 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 розповсюджування та тиражування стандарту в Російській Федерації;

— долучено національний додаток НА з перекладом тексту українською мовою (починаючи зі «Змісту»);

— долучено національний додаток НБ з переліком стандартів, згармонізованих із міждержавними стандартами, на які є посилання в цьому стандарті.

Зазначені в «Нормативных ссылках» міждержавні стандарти: ГОСТ 8.586.1–2005 (ИСО 5167-1:2003), 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) і ГОСТ 17378–2001 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 ГОСТ 17310–2002 (в Україні не чинний), на який є посилання в цьому стандарті, в Україні чинна попередня версія ГОСТ 17310–86 (див. додаток НБ)

Решта стандартів, на які є посилання в цьому стандарті, — чинні в Україні міждержавні стандарти.

EN 1434-2, на який є посилання в «Бібліографії», упроваджено в Україні як національний стандарт ДСТУ EN 1434-2:2006 (див. додаток НБ).

ISO 10715:1997, на який є посилання в «Бібліографії», прийнятий МДР міждержавний стандарт ГОСТ 31370–2008 (ИСО 10715:1997) (див. додаток НБ). В Україні він не чинний

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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

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

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 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Отраслевой метрологический центр Газметрология» (ООО «ОМЦ Газметрология»), Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт расходометрии» (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 разработан с учетом основных нормативных положений следующих международных стандартов:

- 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»);
- ИСО 5167-2:2003 «Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 2. Диафрагмы» (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»);
- ИСО 5167-3:2003 «Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 3. Сопла и сопла Вентури» (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);

- ИСО 5167-4:2003 «Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 4. Трубы Вентури» (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»);
- ИСО 5168:2005 «Измерение потока жидкости и газа. Процедура оценки неопределенностей» (ISO 5168: 2005 «Measurement of fluid flow — Procedures for the evaluation of uncertainties»)

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 этих 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, определения, условные обозначения, сокращения и единицы величин . . . 2
3.1 Термины и определения . . . 2
3.2 Условные обозначения . . . 2
3.3 Индексы условных обозначений величин . . . 4
3.4 Сокращения . . . 4
3.5 Единицы величин . . . 4
4 Условия проведения измерений . . . 4
5 Метод измерений . . . 5
5.1 Принцип метода . . . 5
5.2 Формулы для расчета расхода среды . . . 5
5.3 Формулы для расчета количества среды . . . 6
5.4 Формулы для расчета энергосодержания горючих газов . . . 7
6 Средства измерений и требования к их монтажу . . . 8
6.1 Общие положения . . . 8
6.2 Средства измерений перепада давления и давления . . . 8
6.3 Средства измерений температуры . . . 16
6.4 Средства измерений плотности, состава и влажности среды . . . 18
6.5 Вычислительные устройства . . . 21
7 Подготовка к измерениям . . . 22
8 Обработка результатов измерений . . . 22
8.1 Расчет расхода среды . . . 22
8.2 Расчет количества среды с помощью вычислительных устройств . . . 24
8.3 Расчет количества среды по результатам планиметрирования диаграмм . . . 25
8.4 Представление результатов измерений и расчетов . . . 27
9 Требования безопасности и требования к квалификации оператора . . . 27
10 Оценка неопределенности результатов измерений . . . 28
10.1 Общие положения . . . 28
10.2 Формулы для расчета неопределенности расхода среды . . . 30
10.3 Составляющие неопределенности расхода среды . . . 30
10.4 Оценка неопределенности результатов определения количества среды . . . 34
Приложение А (справочное) Соотношение между единицами теплофизических величин . . . 38
Приложение Б (обязательное) Зависимости, используемые при расчете расхода и количества сухой части влажного газа . . . 40
Приложение В (справочное) Схемы установок разделительных сосудов . . . 42
Приложение Г (справочное) Схемы присоединения измерительного преобразователя перепада давления или дифманометра . . . 54
Приложение Д (справочное) Примеры расчета расхода и количества среды . . . 62
Приложение Е (обязательное) Планиметрирование диаграмм и обработка показаний интегрирующих устройств . . . 71
Приложение Ж (рекомендуемое) Измерение количества среды при нестационарном потоке . . . 74
Библиография . . . 87

Введение

Комплекс межгосударственных стандартов ГОСТ 8.586.1 — ГОСТ 8.586.5 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 сопла[1)], 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 являются модифицированными по отношению к международным стандартам ИСО 5167-1:2003 — ИСО 5167-4:2003.

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 настоящей части приведена методика выполнения измерений с помощью указанных выше типов сужающих устройств.

[1)] В международном стандарте ИСО 5167-3 эллипсные сопла названы соплами большого радиуса.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Государственная система обеспечения единства измерений

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

Часть 5

Методика выполнения измерений

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Measurements of liquids and gases flow rate and quantity by means of orifice instruments.
Part 5. Measurement procedure

Дата введения в Украине 2010–04–01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методику выполнения измерений (МВИ) расхода и количества жидкостей и газов с помощью следующих технических средств:

- стандартного сужающего устройства;
- измерительного трубопровода;
- средств измерений перепада давления, параметров состояния среды и ее характеристик;
- средств обработки результатов измерений;
- соединительных линий;
- вспомогательных технических устройств.

Стандарт распространяется на измерения расхода и количества среды с помощью технических средств как отечественного, так и зарубежного производства, изготовленных в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Настоящий стандарт применяют совместно с ГОСТ 8.586.1 и в зависимости от типа сужающего устройства — ГОСТ 8.586.2, ГОСТ 8.586.3 или ГОСТ 8.586.4.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

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

ГОСТ 8.586.1—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

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

Издание официальное

ГОСТ 2939—63 Газы. Условия для определения объема

ГОСТ 10679—76 Газы углеводородные сжиженные. Метод определения углеводородного состава

ГОСТ 17310—2002 Газы. Пикнометрический метод определения плотности

ГОСТ 17378—2001 Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Переходы. Конструкция

ГОСТ 18917—82 Газ горючий природный. Метод отбора проб

ГОСТ 20060—83 Газы горючие природные. Методы определения содержания водяных паров и точки росы влаги

ГОСТ 23781—87 Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава

ГОСТ 28656—90 Газы углеводородные сжиженные. Расчетный метод определения плотности и давления насыщенных паров

ГОСТ 30319.1—96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки

ГОСТ 30319.2—96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости

Примечание — При пользовании 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 пользовании 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, определения, условные обозначения, сокращения и единицы величин

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения в соответствии с ГОСТ 8.586.1.

3.2 Условные обозначения

Основные условные обозначения приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Условные обозначения

Условное обозначение	Наименование величины	Единица величины
C	Коэффициент истечения	1
d	Диаметр отверстия СУ при рабочей температуре среды	м
d_{20}	Диаметр отверстия СУ при температуре 20 °С	м
D	Внутренний диаметр ИТ или входной части трубы Вентури при рабочей температуре среды	м
D_{20}	Внутренний диаметр ИТ или входной части трубы Вентури при температуре 20 °С	м
D_t	Наружный диаметр преобразователя температуры, термометра или их защитной гильзы (при ее наличии)	м
E	Коэффициент скорости входа	1
$E_э$	Энергосодержание (количество энергии, которое может быть получено при сгорании горючих газов)	МДж
H_m	Удельная массовая теплота сгорания	МДж/кг
H_c	Удельная объемная теплота сгорания при стандартных условиях	МДж/м^3
K	Коэффициент сжимаемости газа	1

Продолжение таблицы 1

Условное обозначение	Наименование величины	Единица величины
$K_п$	Поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы	1
$K_{су}$	Коэффициент, учитывающий изменение диаметра отверстия СУ, вызванное отклонением температуры среды от 20 °С	1
$K_т$	Коэффициент, учитывающий изменение диаметра ИТ, вызванное отклонением температуры среды от 20 °С	1
$K_ш$	Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	1
$l_ш$	Длина шкалы регистрирующего прибора	см
l_y	Длина ленты с записью значения контролируемой величины y	см
m	Масса среды	кг
$N_к$	Планиметрическое число корневого планиметра	1
$N_п$	Планиметрическое число полярного планиметра	$см^2$
$N_п$	Планиметрическое число пропорционального планиметра	%
p	Давление среды	Па
$p_в$	Атмосферное давление	Па
$p_и$	Избыточное статическое давление среды	Па
q_v	Объемный расход среды при рабочих условиях	$м^3/с$
q_m	Массовый расход среды	кг/с
q_c	Объемный расход среды, приведенный к стандартным условиям	$м^3/с$
$q_э$	Расход энергосодержания горючих газов	МДж/с
Ra	Среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости	м
$R_ш$	Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности ИТ	м
Re	Число Рейнольдса	1
t	Температура среды	°С
T	Абсолютная (термодинамическая) температура среды	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	%
V	Объем среды при рабочих условиях	$м^3$
V_c	Объем среды, приведенный к стандартным условиям	$м^3$
x	Молярная доля компонента в смеси	%
$x_в$	Молярная доля азота в смеси	%
x_y	Молярная доля диоксида углерода в смеси	%
y	Любая контролируемая величина	Зависит от единицы величины
Z	Фактор сжимаемости	1

Окончание таблицы 1

Условное обозначение	Наименование величины	Единица величины
α_t	Температурный коэффициент линейного расширения материала	$°C^{-1}$
β	Относительный диаметр отверстия СУ	1
φ	Относительная влажность газа	1
δ_y	Относительная погрешность величины y	%
Δp	Перепад давления на СУ	Па
ε	Коэффициент расширения	1
κ	Показатель адиабаты	1
λ	Коэффициент гидравлического трения	1
μ	Динамическая вязкость среды	Па·с
γ	Приведенная погрешность СИ	%
ρ	Плотность среды	$кг/м^3$
τ	Время	с
Примечание — Остальные обозначения указаны непосредственно в тексте.		

3.3 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 параметров.

3.4 Сокращения

В стандарте применены следующие сокращения:

ИТ — измерительный трубопровод;

МС — местное сопротивление;

ПД — измерительный преобразователь давления или манометр;

ППД — измерительный преобразователь перепада давления или дифманометр;

ПТ — измерительный преобразователь температуры или термометр;

СИ — средства измерений;

СУ — сужающее устройство.

3.5 Единицы величин

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

Соотношения между единицами Международной системы и единицами других систем приведены в приложении А.

4 Условия проведения измерений

4.1 Условия проведения измерений должны соответствовать ГОСТ 8.586.1 (разделы 5, 6 и 7).

4.2 Характеристики окружающей среды при эксплуатации СИ должны соответствовать условиям применения СИ, установленным его изготовителем.

4.3 Диапазон измерений применяемого СИ должен быть не менее диапазона изменений измеряемой величины.

4.4 Метрологические характеристики СИ выбирают с учетом обеспечения необходимой неопределенности результатов измерений расхода и количества среды.

4.5 Характеристики энергоснабжения СИ в условиях эксплуатации должны соответствовать характеристикам СИ, установленным его изготовителем.

4.6 Измерения следует выполнять СИ, прошедшими поверку или калибровку в зависимости от сферы применения.

4.7 СИ применяют в соответствии с требованиями технической документации по их эксплуатации.

5 Метод измерений

5.1 Принцип метода

Принцип метода измерения расхода среды с помощью СУ изложен в ГОСТ 8.586.1 (раздел 5).

Количество среды определяют путем интегрирования расхода среды по времени.

5.2 Формулы для расчета расхода среды

5.2.1 Расход среды измеряют в единицах массового расхода, объемного расхода в рабочих условиях и объемного расхода, приведенного к стандартным условиям (в качестве стандартных условий принимают условия по ГОСТ 2939).

Связь массового расхода с объемным расходом при рабочих условиях и объемным расходом, приведенным к стандартным условиям, устанавливает формула

$$q_m = q_c \rho_c = q_v \rho. \tag{5.1}$$

5.2.2 Массовый расход среды рассчитывают по формуле

$$q_m = 0{,}25\pi d_{20}^2 K_{cy}^2 C E K_ш K_n \varepsilon (2\Delta p \rho)^{0{,}5}. \tag{5.2}$$

Объемный расход среды при рабочих условиях рассчитывают по формуле

$$q_v = 0{,}25\ \pi d_{20}^2 K_{cy}^2 C E K_ш K_n \varepsilon \left(2\frac{\Delta p}{\rho}\right)^{0{,}5}. \tag{5.3}$$

Объемный расход среды, приведенный к стандартным условиям, рассчитывают по формуле

$$q_c = 0{,}25\ \pi d_{20}^2 K_{cy}^2 C E K_ш K_n \varepsilon \frac{(2\Delta p \rho)^{0{,}5}}{\rho_c}. \tag{5.4}$$

5.2.3 Если плотность среды в рабочих условиях рассчитывают по формуле

$$\rho = \rho_c p T_c / (p_c T K), \tag{5.5}$$

то формулы (5.2), (5.3) и (5.4) примут вид, соответственно:

$$q_m = 0{,}25\ \pi d_{20}^2 K_{cy}^2 C E K_ш K_n \varepsilon \left(2\Delta p \rho_c \frac{p T_c}{p_c T K}\right)^{0{,}5}; \tag{5.6}$$

$$q_v = 0{,}25\ \pi d_{20}^2 K_{cy}^2 C E K_ш K_n \varepsilon \left(2\Delta p \frac{p_c T K}{\rho_c p T_c}\right)^{0{,}5}; \tag{5.7}$$

$$q_c = 0{,}25\ \pi d_{20}^2 K_{cy}^2 C E K_ш K_n \varepsilon \left(2\Delta p \frac{p T_c}{\rho_c p_c T K}\right)^{0{,}5}. \tag{5 8}$$

5.2.4 Формулы для определения расхода сухой части влажного газа приведены в приложении Б.

5.2.5 Число Рейнольдса, в зависимости от единицы расхода среды, рассчитывают по соответствующей из следующих формул:

$$\mathrm{Re} = \frac{4}{\pi}\frac{q_m}{D\mu}; \tag{5.9}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{4}{\pi}\frac{q_v \rho}{D\mu}; \tag{5.10}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{4}{\pi}\frac{q_c \rho_c}{D\mu}. \tag{5.11}$$

5.3 Формулы для расчета количества среды

5.3.1 Количество среды (m, V, V_c), прошедшей по ИТ за определенный период времени, представляет собой интеграл функции расхода по времени τ, соответственно $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$, $q_c(\tau)$ за этот период.

5.3.2 При дискретном интегрировании функций расхода по времени τ с интервалами дискретизации $\Delta\tau_i$ количество среды рассчитывают по формулам:

- при прямоугольной аппроксимации

$$m = \sum_{i=1}^{n} q_{mi}\,\Delta\tau_i; \tag{5.12}$$

$$V = \sum_{i=1}^{n} q_{vi}\,\Delta\tau_i; \tag{5.13}$$

$$V_c = \sum_{i=1}^{n} q_{ci}\,\Delta\tau_i; \tag{5.14}$$

- при трапециидальной аппроксимации

$$m = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{mi} + q_{mi+1}}{2}\,\Delta\tau_i; \tag{5.15}$$

$$V = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{vi} + q_{vi+1}}{2}\,\Delta\tau_i; \tag{5.16}$$

$$V_c = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{ci} + q_{ci+1}}{2}\,\Delta\tau_i, \tag{5.17}$$

где q_{mi}, q_{vi} и q_{ci} — значения функций $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ и $q_c(\tau)$ в начале интервала $\Delta\tau_i$ соответственно;
q_{mi+1}, q_{vi+1} и q_{ci+1} — значения функций $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ и $q_c(\tau)$ в конце интервала $\Delta\tau_i$ соответственно;
n — число интервалов дискретизации в течение времени $(\tau_к - \tau_н)$;
$\tau_н$ и $\tau_к$ — время начала и конца периода времени интегрирования соответственно.

5.3.3 При дискретном интегрировании функций расхода по времени τ с равномерным интервалом дискретизации $\Delta\tau$ количество среды рассчитывают по формулам:

- при прямоугольной аппроксимации

$$m = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} q_{mi}; \tag{5.18}$$

$$V = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} q_{vi}; \tag{5.19}$$

$$V_c = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} q_{ci}; \tag{5.20}$$

- при трапециидальной аппроксимации

$$m = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{mi} + q_{mi+1}}{2}; \tag{5.21}$$

$$V = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{vi} + q_{vi+1}}{2}; \tag{5.22}$$

$$V_c = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{ci} + q_{ci+1}}{2}. \tag{5.23}$$

где

$$\Delta\tau = \frac{(\tau_к - \tau_н)}{n}. \quad (5.24)$$

5.3.4 По известному значению среднего расхода $\bar{q}_m$, $\bar{q}_v$ и $\bar{q}_c$ за интервал времени $(\tau_к - \tau_н)$ количество среды рассчитывают по формулам:

$$m = (\tau_к - \tau_н)\bar{q}_m; \quad (5.25)$$

$$V = (\tau_к - \tau_н)\bar{q}_v; \quad (5.26)$$

$$V_c = (\tau_к - \tau_н)\bar{q}_c. \quad (5.27)$$

5.3.4.1 При дискретном интегрировании функций расхода по времени τ с равномерным интервалом дискретизации $\Delta\tau$ средние значения $\bar{q}_m$, $\bar{q}_v$ и $\bar{q}_c$ вычисляют по одному из следующих вариантов:

а) при наличии полного массива значений q_{mi}, q_{vi} и q_{ci} в интервале времени $(\tau_к - \tau_н)$ средние значения расхода среды рассчитывают по формулам:

$$\bar{q}_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{mi}}{n}; \quad (5.28)$$

$$\bar{q}_v = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{vi}}{n}; \quad (5.29)$$

$$\bar{q}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{ci}}{n}; \quad (5.30)$$

б) при поочередном в процессе интегрирования определении значений q_{mi}, q_{vi} и q_{ci} в интервале времени $(\tau_к - \tau_н)$ средние значения расхода среды рассчитывают по формулам:

$$\bar{q}_{mi} = \frac{(i-1)}{i}\bar{q}_{mi-1} + \frac{q_{mi}}{i}; \quad (5.31)$$

$$\bar{q}_{vi} = \frac{(i-1)}{i}\bar{q}_{vi-1} + \frac{q_{vi}}{i}; \quad (5.32)$$

$$\bar{q}_{ci} = \frac{(i-1)}{i}\bar{q}_{ci-1} + \frac{q_{ci}}{i}, \quad (5.33)$$

где $\bar{q}_{mi}$, $\bar{q}_{vi}$ и $\bar{q}_{ci}$ — средние значения $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ и $q_c(\tau)$ на интервале времени $(\tau_к - \tau_н)$ соответственно;
$\bar{q}_{mi-1}$, $\bar{q}_{vi-1}$ и $\bar{q}_{ci-1}$ — средние значения $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ и $q_c(\tau)$ на интервале времени $(\tau_{i-1} - \tau_н)$ соответственно.

5.3.4.2 При известных средних значениях параметров потока и среды значения $\bar{q}_m$, $\bar{q}_v$ и $\bar{q}_c$ рассчитывают по формулам (5.2)—(5.8).

Примечание — Определение среднего значения расхода среды по средним значениям его аргументов приводит к появлению дополнительной составляющей неопределенности измерения количества среды, так как среднее значение нелинейных функций, к которым относятся уравнения расхода, не может быть точно определено через средние значения его аргументов.

5.3.5 Количество сухой части влажного газа рассчитывают по формулам, аналогичным в 5.3.2, 5.3.3 и 5.3.4.

5.4 Формулы для расчета энергосодержания горючих газов

5.4.1 Расход энергосодержания горючих газов рассчитывают по формулам:

$$q_э = q_c H_c = q_m H_m; \quad (5.34)$$

$$H_c = H_m \rho_c. \quad (5.35)$$

5.4.2 Энергосодержание горючих газов определяют интегрированием функции $q_э$ по времени по формулам, аналогичным в 5.3.2, 5.3.3 и 5.3.4.

Энергосодержание горючих газов допускается рассчитывать по формулам:

$$E_э = \sum_{i=1}^{n} H_{ci} V_{ci}; \quad (5.36)$$

$$E_э = \sum_{i=1}^{n} H_{mi} m_i, \quad (5.37)$$

где m_i, V_{ci} — масса и объем газа, приведенный к стандартным условиям, соответственно, определенные за интервал $\Delta\tau_i$;

H_{mi}, H_{ci} — удельная массовая и объемная теплота сгорания горючего газа при стандартных условиях, соответственно, определенные на интервале $\Delta\tau_i$;

$\Delta\tau_i$ — i-й интервал времени между двумя определениями значений H_m или H_c.

6 Средства измерений и требования к их монтажу

6.1 Общие положения

6.1.1 Для определения расхода и количества среды необходимо выполнять измерения переменных параметров потока и среды, входящих в уравнение расхода.

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

6.1.3 Для измерения параметров потока и среды применяют приборы с регистрацией результатов измерения на бумажных или электронных носителях, а также планиметры или электронные устройства для считывания графической информации, вычислительные устройства ручного или автоматического действия для обработки результатов измерений.

Для автоматизации процедуры измерения и определения расхода и количества среды в реальном масштабе времени применяют вычислительные устройства, которые принимают сигналы от измерительных преобразователей параметров потока и среды, автоматически обрабатывают их и выдают необходимую информацию о результатах измерений и вычислений.

6.1.4 Для определения значений условно-постоянных величин (параметров, принимаемых в качестве постоянных величин на определенный период, например час, сутки, месяц и т. д.) допускается применение показывающих приборов.

Условно-постоянные величины могут быть приняты равными ожидаемым значениям, прогнозируемым на основе ранее выполненных измерений или общих знаний об условиях измерений.

6.2 Средства измерений перепада давления и давления

6.2.1 Измерение перепада давления на сужающем устройстве

6.2.1.1 Перепад давления на СУ [см. ГОСТ 8.586.1 (пункт 3.1.4)] определяют подсоединением ППД через соединительные трубки к отверстиям для отбора давления или к отверстиям в кольцевых камерах усреднения, служащим для передачи давления к СИ.

6.2.1.2 Допускается подключение к одному СУ двух или более ППД.

6.2.1.3 Требования к монтажу ППД учитывают основные положения, изложенные в [1].

6.2.2 Разъединительные краны

Разъединительные краны предназначены для отделения СИ от ИТ.

Разъединительные краны рекомендуется помещать на соединительных трубках непосредственно у места их соединения с ИТ. При установке уравнительных (конденсационных) сосудов разъединительные краны (вентили) допускается монтировать непосредственно за ними.

Площадь проходного сечения крана должна быть не менее 64 % площади сечения соединительной трубки.

В рабочем режиме разъединительные краны должны быть полностью открыты.

Рекомендуется отдавать предпочтение установке шаровых кранов.

6.2.3 Уравнительные (конденсационные) сосуды

6.2.3.1 При измерениях расхода пара соединительные трубки заполняются конденсатом. При измерениях перепада давления происходит нарушение равенства высоты столбов конденсата в обеих соединительных трубках вследствие перемещения части конденсата в ППД. Изменение уровней столбов конденсата приводит к появлению дополнительной составляющей неопределенности результатов измерений перепада давления.

Для уменьшения этой составляющей неопределенности результата измерения перепада давления применяют уравнительные (конденсационные) сосуды. На рисунке 1 приведены уравнительные сосуды, рекомендуемые [1]. Основные геометрические характеристики сосудов указаны в таблице 2

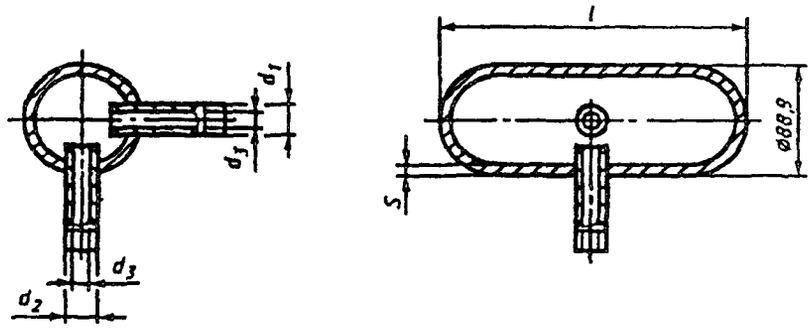


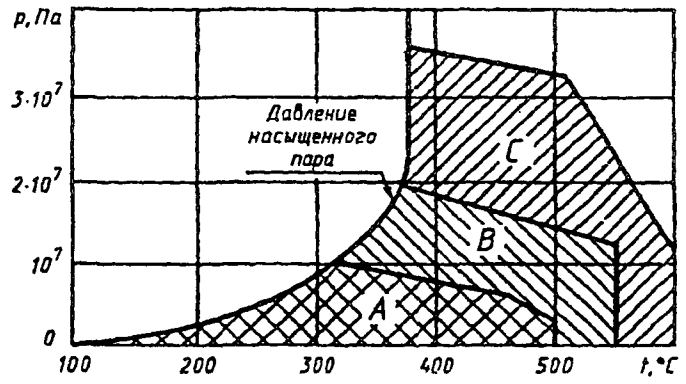
Рисунок 1 — Уравнительные сосуды

Таблица 2 — Размеры конденсационных сосудов

Обозначение размера	Вход d_1		Вход d_2		d_3	l	S	$V^{1)}$
	Патрубки с газовой резьбой	Приварные патрубки	Патрубки с газовой резьбой	Приварные патрубки				
	дюймы	мм	дюймы	мм	мм			см³
1	1/2	—	1/2	—	8,7	230	5	800
	—	21,3	1/2	—				
	—	21,3	—	21,3				
2	1/2	—	1/2	—	8,7	100	5	250
	—	21,3	1/2	—				
	—	21,3	—	21,3				
3	5/8	—	5/8	—	8	230	7,1	700
	—	24	5/8	—				
	—	24	—	24				
4	5/8	—	5/8	—	8	100	7,1	220
	—	24	5/8	—				
	—	24	—	24				
5	—	24	—	24	8	230	7,1	600
6	—	24	—	24	8	100	7,1	170

[1)] Вместимость уравнительного сосуда.

Область применения уравнительных сосудов (далее — сосудов) для типоразмеров, приведенных в таблице 2, определяют по схеме на рисунке 2.



A — размеры 1 и 2; *B* — размеры 3 и 4; *C* — размеры 5 и 6 (см. таблицу 2)

Рисунок 2 — Область применения уравнительных сосудов

Вместимость сосудов должна быть тем больше, чем больше измерительный объем ППД, т. е. тот объем, который перемещается из одной камеры ППД при измерении Δp от нуля до $\Delta p_в$.

6.2.3.2 Площадь горизонтального поперечного сечения сосуда должна быть в несколько раз больше площади вертикального сечения.

6.2.3.3 Сосуды располагают на одном уровне. При этом входные отверстия сосудов должны быть расположены не ниже отверстий для отбора давления.

6.2.3.4 Теплоизоляцию уравнительных сосудов и соединительных трубок осуществляют в случаях, показанных на схемах рисунка 3.

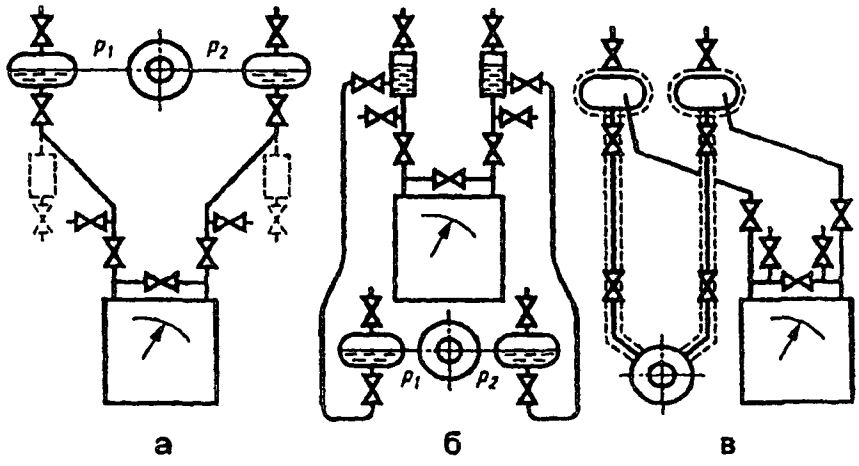


Рисунок 3 — Схемы расположения уравнительных сосудов и соединительных трубок

6.2.3.5 ППД при измерении расхода пара рекомендуется располагать ниже СУ (см. рисунок 3а).

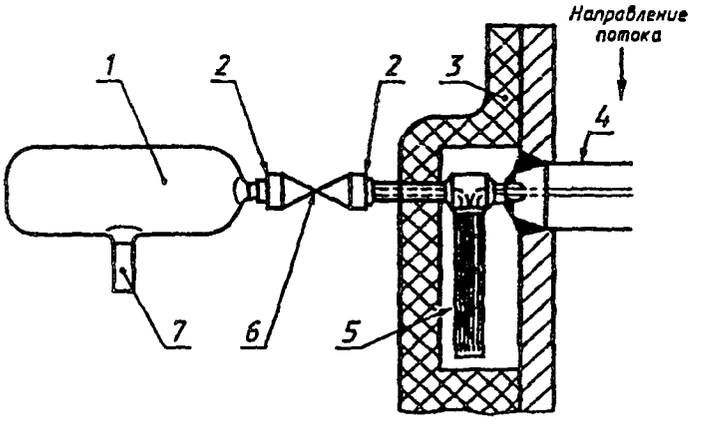
При $p > 0{,}2$ МПа допускают устанавливать ППД выше СУ по схеме, представленной на рисунке 3б (данная схема применима также при расположении ППД ниже СУ на расстоянии 1,5 м). При установке ППД по рисунку 3б следует в наивысших точках соединительных трубок устанавливать газосборники.

Схема расположения уравнительных сосудов и соединительных трубок (см. рисунок 3в) допустима при $p \le 0{,}2$ МПа и расстоянии между сосудом и трубопроводом не более 4 м. При этом трубки, соединяющие СУ с сосудами, должны иметь внутренний диаметр 25 мм.

6.2.3.6 При работе с паром высокого давления и высокой температуры применяют обогревающие цилиндры с ловушками, объем которых должен быть равен объему уравнительных сосудов. Схема расположения обогревающих цилиндров и ловушек на ИТ приведена на рисунке 4.

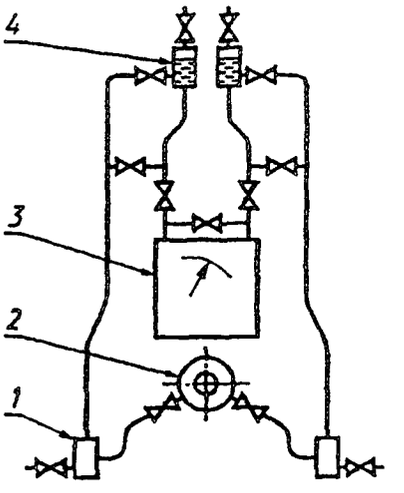
6.2.4 Отстойные камеры

6.2.4.1 При измерениях расхода жидкости, пара и газа, в которых имеется взвесь или влага (в газах), применяют отстойные камеры.



1 — конденсационный сосуд; *2* — сварные соединения; *3* — изоляция; *4* — СУ; *5* — ловушка; *6* — кран; *7* — соединительная трубка

Рисунок 4 — Монтаж аппаратуры для пара высокого давления и высокой температуры на вертикальном трубопроводе



1 — отстойная камера; *2* — СУ, *3* — ППД, *4* — воздухосборник

Рисунок 5 — Схема соединений отстойной камеры для измерений расхода воды при установке ППД выше СУ

6.2.4.2 Отстойные камеры размещают в нижней точке соединительных трубок. Схема соединений отстойной камеры приведена на рисунке 5.

6.2.4.3 На рисунке 6 приведена типовая модель отстойной камеры. Вверху резервуара должно быть свободное пространство, обеспечивающее доступ к продувочному крану. Кран должен быть шаровым, чтобы его можно было промывать и очищать при засорении или образовании накипи.

6.2.4.4 Размеры отстойной камеры обусловлены необходимостью чистки и технического ухода, а также количеством твердых частиц в протекающем потоке и(или) степенью конденсации.

6.2.5 Газосборные камеры

6.2.5.1 При измерениях расхода жидкости, содержащей газ, возможно скопление газа в соединительных трубках.

Для устранения скопления газа ППД устанавливают ниже СУ, а соединительные трубки располагают под постоянным уклоном вниз от СУ до ППД.

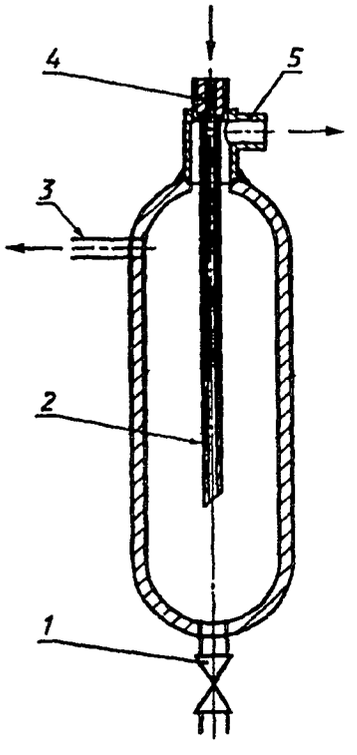
При необходимости установки ППД выше СУ устанавливают газосборные камеры.

6.2.5.2 Газосборные камеры устанавливают выше ППД.

6.2.5.3 Рекомендуемая форма газосборной камеры приведена на рисунке 7.

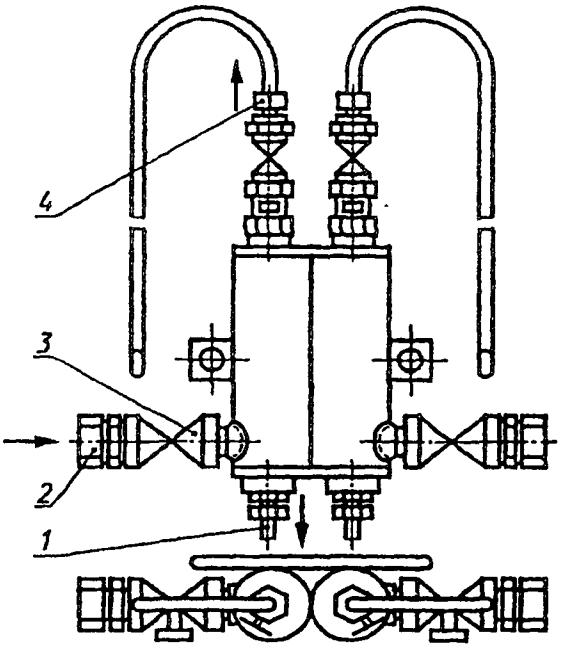
6.2.6 Способы защиты соединительных трубок при низкой температуре окружающей среды

6.2.6.1 Для предохранения от замерзания жидкости в соединительных трубках при низкой температуре окружающей среды применяют обогреватели (электронагреватели, паровые змеевики и др.).



1 — продувочный кран; *2* — игольчатая трубка; *3* — выходной патрубок; *4* — входной патрубок; *5* — вентиляционный патрубок

Рисунок 6 — Отстойная камера



1 — выходной патрубок; *2* — входной патрубок; *3* — кран; *4* — вентиляционный патрубок

Рисунок 7 — Газосборные камеры

Способы защиты от действия низких температур выбирают в зависимости от конкретных условий.

6.2.6.2 Нагревание должно быть равномерным для всех соединительных трубок и их вспомогательных узлов. Соединительные трубки располагают рядом и теплоизолируют.

6.2.6.3 Минимальная температура нагрева соединительных трубок должна быть выше температуры замерзания жидкости (для жидких сред) или выше температуры образования конденсата (для газообразных сред).

Максимальная температура нагрева соединительных трубок не должна превышать температуру кипения измеряемой жидкой среды и допускаемую температуру среды для применяемого ППД.

6.2.6.4 Рекомендуется применять обогрев холодных соединительных трубок малого диаметра во избежание их засорения при измерениях расхода вязких горячих жидкостей.

6.2.7 Разделительные сосуды

6.2.7.1 Если среда вызывает коррозию, обладает способностью к конденсации или замерзанию в соединительных трубках, имеет очень высокую вязкость или может образовывать накипь, то применяют разделительные сосуды, заполненные жидкостью, отделяющей среду от ППД или от уравновешивающей жидкости, применяемой в ППД.

Однако следует иметь в виду, что разделительная жидкость не будет защищать соединительные трубки между отверстиями для отбора давления и разделительными сосудами.

6.2.7.2 Разделительные сосуды применяют с перегородками или без них.

В разделительных сосудах без перегородок разделительная жидкость не должна смешиваться или вступать в химическую реакцию с измеряемой средой или уравновешивающей жидкостью и ее плотность должна существенно отличаться от плотности этих двух веществ для обеспечения постоянства поверхности контакта.

6.2.7.3 При отсутствии перепада давления поверхность раздела измеряемой среды и разделительной жидкости должна находиться на одном и том же уровне в обоих сосудах.

6.2.7.4 Применение разделительных сосудов влияет на показания ППД таким образом, что перепад давления на СУ становится больше разности давления в ППД.

Влиянием разделительных сосудов на показания ППД можно пренебречь при условии удовлетворения неравенству

$$\frac{F}{V_в} \geq 2 \cdot 10^4 \left| \frac{\rho_р - \rho'}{\Delta p_в} \right|, \qquad (6.1)$$

где F — площадь поперечного сечения разделительного сосуда, м^2;

$V_в$ — объем жидкости, перетекающей из разделительного (или уравнительного) сосуда в ППД при изменении расхода от нуля до q_{max}, м^3;

$\rho_р$ — плотность разделительной жидкости, кг/м^3;

ρ' — плотность измеряемой среды при давлении p и температуре разделительного сосуда, кг/м^3.

Показания СИ перепада давления с разделительными сосудами, не удовлетворяющие данному неравенству, корректируют с учетом перемещения уровня раздела в разделительном сосуде. В [1] приведен метод расчета перепада давления при применении разделительных сосудов в случае нарушения условия, выраженного неравенством (6.1).

6.2.7.5 Разделительные сосуды должны находиться как можно ближе к отверстиям для отбора давления. В приложении В представлены различные варианты схем установок разделительных сосудов.

При измерениях расхода газа разделительные сосуды располагают выше СУ, а ППД может быть расположен выше или ниже СУ. Для случая расположения ППД ниже СУ при измерениях расхода газа допускают подключение соединительных трубок к боковым штуцерам разделительных сосудов.

При измерениях расхода жидкости разделительные сосуды располагают ниже СУ, а ППД может быть расположен выше или ниже СУ. Если ППД находится выше СУ, то в верхних точках соединительных трубок устанавливают газосборные камеры (см. 6.2.5). Допускают подключение соединительных трубок к боковым штуцерам разделительных сосудов.

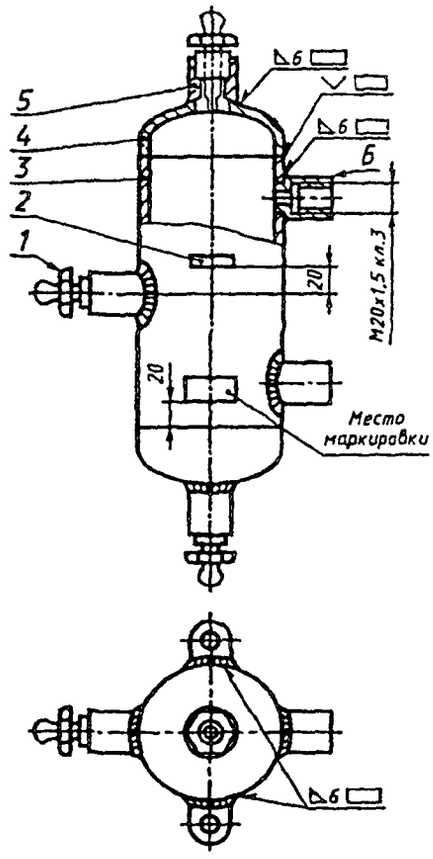
6.2.7.6 Если среда может замерзать или конденсироваться в соединительных трубках, то патрубки отверстий для отбора давления вместе с соединительными трубками покрывают теплоизоляцией или обогревают.

6.2.7.7 Вместимость разделительных сосудов должна превышать объем среды при максимальном ее перемещении в ППД. При проектировании разделительных сосудов обеспечивают равенство диаметров по всей их длине. Пример конструкции разделительного сосуда приведен на рисунке 8.

6.2.7.8 Если невозможно подобрать разделительную жидкость с необходимыми химическими и физическими характеристиками, то применяют разделительные сосуды с перегородками. Перегородками могут служить мягкие мембраны и сильфоны. Характеристика «нагрузка/перемещение» перегородок должна быть идентичной для двух разделительных сосудов.

6.2.7.9 Для удаления скопления газа в конструкции разделительного сосуда предусматривают вентиляционные устройства.

6.2.7.10 Примеры разделительных жидкостей и их свойства приведены в таблице 3.



1 — пробка; 2 — ушко; 3 — обечайка; 4 — днище; 5 — штуцер; 6 — штуцер

Рисунок 8 — Конструкция разделительного сосуда

Таблица 3 — Свойства разделительных жидкостей

Наименование жидкости	Плотность при 20 °С, кг/м^3	Температура, °С	
		замерзания	кипения
Дибутилфталат	1047	–35	340
Глицерин	1262	–17	200
Смесь воды с глицерином (объемное соотношение — 1:1)	1130	–22,5	106
Этиловый спирт	789	–112	78
Этиленгликоль	1113	–12	197
Смесь воды с этиленгликолем (объемное соотношение — 1:1)	1070	–36	110

6.2.8 Очистная система

6.2.8.1 Очистная система, пример установки которой приведен на рисунке 9, предназначена для предохранения соединительных трубок и ППД от попадания загрязненных или агрессивных веществ. Очистные системы могут заменять одновременно разделительные сосуды и отстойные камеры.

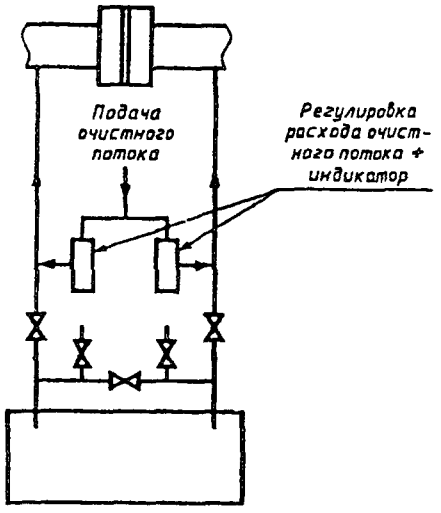


Рисунок 9 — Пример установки очистной системы

6.2.8.2 При применении очистных систем поперечное сечение по всей длине соединительных трубок должно быть постоянным. Соединительные трубки, подключенные к плюсовой и минусовой камере усреднения, должны иметь равную длину и одинаковое число сочленений.

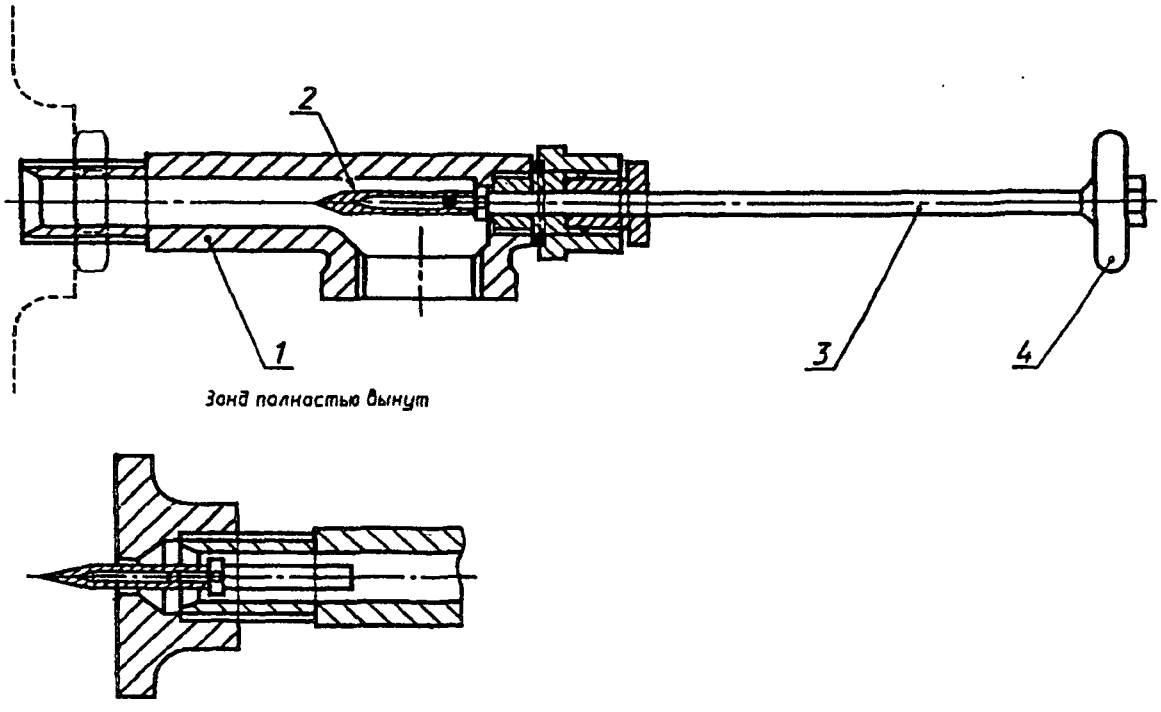
6.2.8.3 Для поддержания равных расходов очистного потока в обеих соединительных трубках в очистной системе устанавливают расходомеры (например, ротаметры) между продувочным краном и точкой ввода очистного потока в соединительную трубку.

6.2.8.4 Необходимо следить за тем, чтобы очистка не влияла на показания ППД и на температурное равновесие между двумя соединительными трубками.

6.2.8.5 Используемый в качестве очистительного вещества газ вводят в соединительные трубки под большим давлением по сравнению с давлением среды.

Очистной поток регулируют игольчатым вентилем.

6.2.8.6 При недостаточной эффективности описанных выше методов очистки для предохранения отверстий для отбора давления от загрязнения используют зонды (рисунок 10) или применяют другие методы очистки.



1 — корпус; 2 — головка зонда; 3 — ось зонда; 4 — рукоятка

Рисунок 10 — Зонд

6.2.9 Соединительные трубки (линии)

6.2.9.1 ППД располагают как можно ближе к СУ. Рекомендуется, чтобы длина соединительных трубок не превышала 16 м. При необходимости применения больших длин целесообразно использовать электрическую или пневматическую передачу.

6.2.9.2 Во избежание искажения перепада давления, возникающего из-за разности температуры трубок, две соединительные трубки должны быть расположены рядом.

Если существует опасность нагрева или охлаждения заполненных жидкостью соединительных трубок при их вертикальном или наклонном расположении, то их совместно теплоизолируют.

6.2.9.3 При применении соединительных трубок, составленных из отдельных секций, диаметр условного прохода этих секций должен быть одинаковым.

Внутренний диаметр соединительных трубок должен быть более 6 мм.

Если существует опасность конденсации среды, находящейся в соединительных трубках, или образования в ней пузырьков газа, то внутренний диаметр соединительных трубок должен быть не менее 10 мм.

Рекомендуемые значения внутреннего диаметра соединительных трубок приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Внутренний диаметр соединительных трубок

Тип среды	Значение внутреннего диаметра при длине трубок, м		
	До 16	От 16 до 45	От 45 до 90
Сухой газ, вода, пар	От 6 до 9 включ.	10	10
Воздух или влажный газ (т. е. возникает опасность конденсации в соединительных трубках)	13	13	13
Вязкие жидкости	13	19	25
Загрязненные газ или жидкость	25	25	38

6.2.9.4 Соединительные трубки устанавливают с уклоном к горизонтали более чем 1:12. Такой уклон обеспечивает движение конденсата и твердых частиц вниз до обогревающих отстойников или цилиндров, а пузырьков газа вверх — до газосборных камер.

Допускается делать уклоны ступенчатыми при условии, что отстойные камеры находятся во всех нижних точках, а газосборные камеры — во всех верхних точках.

6.2.9.5 Разность длины соединительных трубок ППД должна быть как можно меньшей.

6.2.9.6 При подключении к СУ двух или более ППД допускается подключение соединительных трубок одного ППД к соединительным трубкам другого. При этом расстояние от СУ до мест подключения соединительных трубок подключаемого ППД должно быть одинаковым, насколько это возможно.

6.2.10 Запорная арматура измерительного преобразователя перепада давления или дифманометра

6.2.10.1 ППД оснащают присоединительными (разъединительными), продувочными и уравнительными кранами (вентилями). Эти устройства (полностью или часть из них) могут быть конструктивно выполнены в одном блоке.

6.2.10.2 Присоединительные краны (вентили) предназначены для подключения (отключения) ППД к соединительным трубкам.

При работе ППД в режиме измерений присоединительные краны (вентили) должны быть полностью открыты.

6.2.10.3 Продувочные краны (вентили) предназначены для очистки соединительных трубок.

При работе ППД в режиме измерений продувочные краны (вентили) должны быть закрыты.

Для чистых сред функции продувочных кранов (вентилей) могут выполнять средства вентиляции камер ППД.

6.2.10.4 Уравнительный кран (вентиль) предназначен для создания нулевого значения перепада давления на ППД.

Во время этой операции присоединительные и продувочные краны (вентили) должны быть закрыты.

При работе ППД в режиме измерений уравнительный кран (вентиль) должен быть закрыт.

При продувке соединительных трубок и камер ППД уравнительный кран (вентиль) должен быть открыт.

6.2.10.5 В приложении Г приведены различные схемы присоединения ППД при измерениях расхода и количества различных сред.

6.2.11 Измерение давления среды

6.2.11.1 Давление среды — это сумма избыточного и атмосферного давлений

$$p = p_и + p_а. \qquad (6.2)$$

6.2.11.2 СИ абсолютного или избыточного давления подключают к отдельному отверстию перед СУ, размещенному в сечении ИТ в месте установки отверстия для отбора перепада давления.

Допускается присоединение ПД к «плюсовой» соединительной трубке ППД.

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

В этом случае давление рассчитывают по формуле

$$p = p_п - \rho_к g h,$$

где $p_п$ — показание ПД абсолютного давления или сумма показаний ПД избыточного и атмосферного давления, Па;

$\rho_к$ — плотность конденсата в соединительной трубке, кг/м^3;

g — ускорение свободного падения, м/с^2;

h — разность высот установки конденсационного сосуда и ПД, м.

6.2.11.4 Атмосферное давление измеряют в месте расположения ПД избыточного давления, если последний размещен в замкнутом пространстве при наличии поддува, создаваемого системами кондиционирования.

6.2.11.5 Атмосферное и (или) избыточное давление могут быть приняты за условно-постоянную величину. При этом учитывают соответствующую составляющую неопределенности результата измерения давления в соответствии с 10.4.4.

6.3 Средства измерений температуры

6.3.1 Термодинамическую температуру среды рассчитывают по формуле

$$T = 273{,}15 + t. \qquad (6.3)$$

6.3.2 Температуру среды измеряют на прямолинейном участке ИТ до или после СУ.

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

6.3.3 ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) погружают в ИТ на глубину от 0,3D до 0,7D.

В случае измерения расхода пара или среды, температура которой более 120 °С, рекомендуется ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) погружать в ИТ на глубину от 0,5D до 0,7D.

6.3.4 Наилучшим расположением ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) при их установке является радиальное, схема которого приведена на рисунке 11а.

Допускается их наклонное расположение, как приведено на рисунках 11б и 11г, или установка за СУ в колене, как приведено на рисунке 11в. Указанное направление потока на рисунках 11б, в — рекомендуемое.

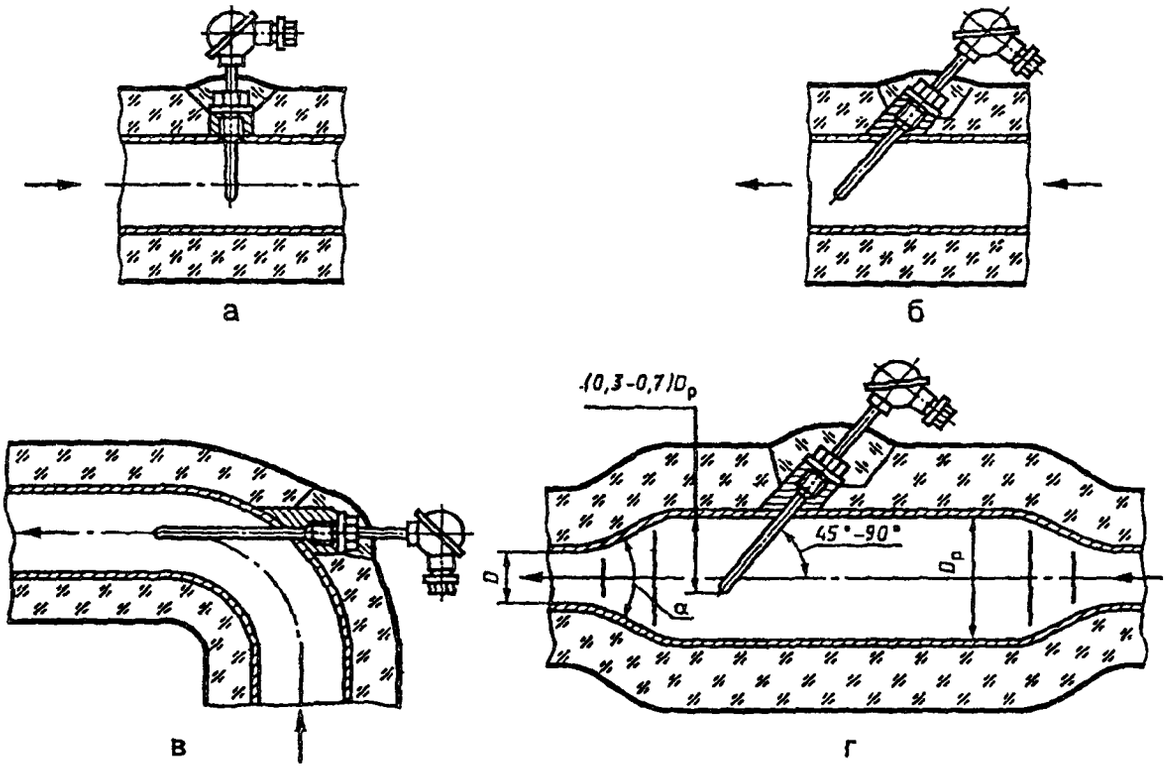


Рисунок 11 — Схема установки ПТ

6.3.5 При измерении температуры среды до СУ следует руководствоваться следующими положениями:

а) если диаметр D_t удовлетворяет условию $0{,}03D < D_t \le 0{,}13D$, то:

- установка ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) на расстоянии не менее $20D$ от СУ не влияет на показания расходомера;
- при установке ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) от СУ на расстоянии $10D \le l_t < 20D$ к неопределенности коэффициента истечения следует арифметически добавить величину, равную $1 - l_t/(20D)$;
- ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) не допускается устанавливать на расстоянии менее $10D$ от СУ;
- для труб Вентури расстояние от точки размещения ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) до сечения, в котором осуществляется отбор давления до СУ, должно быть не менее $4D$;

б) если диаметр D_t удовлетворяет условию $D_t \le 0{,}03D$, то:

- установка ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) на расстоянии не менее $5D$ от СУ не влияет на показания расходомера;
- при установке ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) от СУ на расстоянии $3D \le l_t < 5D$ к неопределенности коэффициента истечения следует арифметически добавить величину, равную 0,5 %;
- ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) не допускается устанавливать на расстоянии менее $3D$ от СУ;

в) расстояние между СУ и ПТ не должно превышать $30D$;

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

6.3.6 При измерении температуры потока после СУ следует выполнять требования:

а) ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) не допускается устанавливать от СУ на расстоянии более $15D$;

б) если диаметр D_t не превышает 0,13D, то ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) устанавливают на расстоянии не менее 5D от СУ (кроме трубы Вентури);

в) если диаметр D_t не превышает 0,13D, для трубы Вентури ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) размещают в сечении ИТ, расположенном на расстоянии не менее 2D от диффузора;

г) если диаметр D_t более 0,13D, но не превышает 0,26D, то ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) устанавливают на расстоянии от СУ, удовлетворяющем двум условиям: $l_t \geq 5D$ и $l_t \geq (8{,}55\beta^{0{,}55})D$;

д) если диаметр D_t более 0,26D, то ПТ или его защитную гильзу (при ее наличии) устанавливают в расширитель в соответствии с 6.3.7;

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

ж) между СУ и ПТ или его защитной гильзой (при ее наличии) должны отсутствовать местные сопротивления (исключение составляют варианты, представленные на рисунках 11в, г).

6.3.7 На рисунке 11г приведена схема установки ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) в расширителе. Внутренний диаметр расширителя должен быть не менее 3,85D_t. Расстояние между СУ и ближайшей границей расширителя (сечением перехода ИТ в конус) должно быть при использовании диафрагм и сопел не менее $8{,}55\beta^{0{,}55}D$, при применении трубы Вентури — 4d. Расстояние между СУ и ПТ или его защитной гильзой (при ее наличии) не должно превышать 15D.

Если ось отверстия ИТ для установки ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) размещена на расстоянии от места соединения диффузора с цилиндрической частью расширителя не более 2,5D_p, то необходимость в формировании безотрывного потока в диффузоре отсутствует, поэтому сам диффузор может иметь любую конусность либо быть выполнен в виде переходов в соответствии с ГОСТ 17378.

При размещении ПТ или его защитной гильзы (при ее наличии) вдали от места соединения диффузора с цилиндрической частью расширителя (более 2,5D_p), диффузор рекомендуется выполнять с углом расширения α (см. рисунок 11г), не превышающем значения, указанные в зависимости от отношения площадей сечений расширителя и трубопровода в таблице 5.

Таблица 5 — Значения угла расширения α, обеспечивающие безотрывное течение среды в диффузоре

$(D_p/D)^2$	1,5	2	2,5	3	3,5	4
α	28°	22°	16°	12°	9°	6°

6.3.8 Если среда — газ, то при наличии больших потерь давления ($\Delta\omega > 1{,}6 \cdot 10^5$ Па) на СУ необходимо рассчитывать температуру до СУ по измеренной температуре после СУ по формуле

$$T = T_2 + \mu_{JT} \cdot \Delta\omega,$$

где T_2 — измеренное значение температуры после СУ, К.

Потерю давления $\Delta\omega$ в СУ следует определять согласно ГОСТ 8.586.2 (подраздел 5.4), ГОСТ 8.586.3 (пункты 5.1.8, 5.2.8 и 5.3.6), ГОСТ 8.586.4 (подраздел 5.9) в зависимости от типа СУ. Коэффициент Джоуля—Томсона μ_{JT} определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.1 (пункт 3.3.8).

6.3.9 При установке ПТ в гильзу (карман) обеспечивают надежный тепловой контакт, заполняя гильзу, например, жидким маслом. ПТ погружают в гильзу на полную ее глубину (с монтажным зазором). Рекомендуется, чтобы зазор между боковыми стенками гильзы и ПТ не превышал 0,5 мм.

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

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

Примечание — При установке ПТ дополнительно рекомендуется учитывать требования, изложенные в [2].

6.4 Средства измерений плотности, состава и влажности среды

6.4.1 Определение плотности среды при рабочих условиях

6.4.1.1 Плотность среды в рабочих условиях допускается определять прямым методом измерений с применением плотномеров любого типа, не изменяющих структуру потока, или косвенными методами измерений.

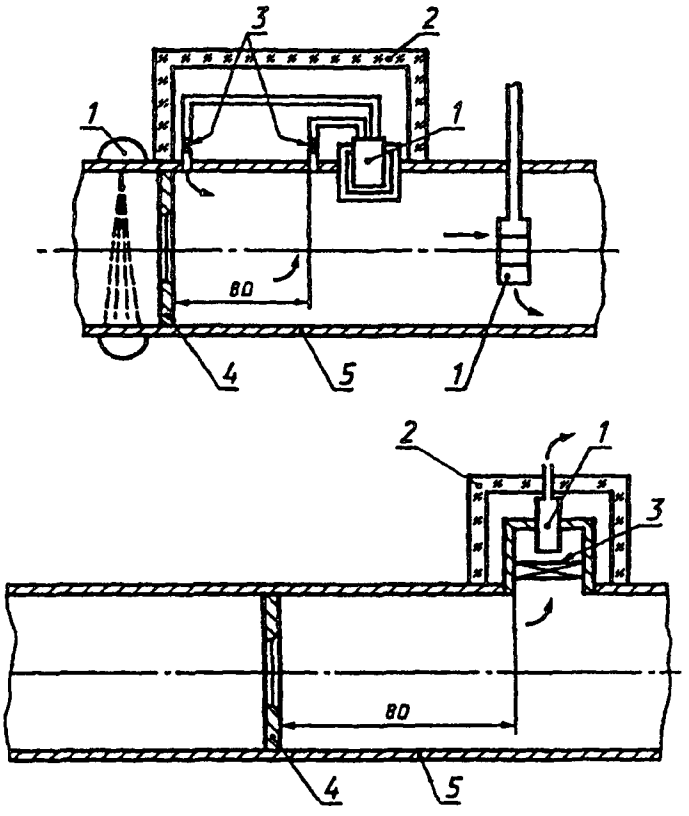
6.4.1.2 Точку отбора пробы газа располагают в верхней, а жидкостей — в нижней части горизонтального участка трубопровода.

Точки отбора пробы располагают на участке трубопровода, где скорость потока более нуля и отсутствуют завихрения.

6.4.1.3 Если плотномер находится во внутренней полости трубы, то расстояние между ним и СУ должно составлять:

- не менее указанного для ПТ в 6.3.5 (при соответствии диаметра погружаемой в полость трубопровода части плотномера диапазону значений диаметра ПТ) — при его установке до СУ;
- не менее 8*D* — при его установке после СУ.

6.4.1.4 Изменение плотности среды отслеживают, создавая поток через чувствительный элемент плотномера путем ответвления части общего потока. Схемы установки плотномеров приведены на рисунке 12.



1 — плотномер; *2* — теплоизоляция; *3* — вентиль; *4* — сужающее устройство; *5* — трубопровод

Рисунок 12 — Схемы установки плотномеров

6.4.1.5 Для очистки пробы от примесей на входе плотномеров допускается применение фильтров и осушителей. Однако эти устройства не должны изменять состав среды.

6.4.1.6 Равенство температуры измеряемой среды и пробы среды, находящейся в чувствительном элементе плотномера, обеспечивают, размещая последний в потоке измеряемой среды и теплоизолируя от внешней среды все его элементы, в которых находится проба и которые соприкасаются с внешней средой до попадания этой пробы в чувствительный элемент плотномера.

6.4.1.7 В общем случае значения давления и температуры, а следовательно, и плотности в чувствительном элементе плотномера могут отличаться от значений данных параметров в месте отбора давления перед СУ.

Если невозможно обеспечить равенство температуры и давления среды и ее пробы, находящейся в чувствительном элементе плотномера, то вводят поправки к показаниям плотномера.

При этом значение плотности среды рассчитывают по формулам:

- для газа

$$\rho = \frac{\rho_0 p T_\rho}{p_\rho T} = \rho_0 \left(\frac{p}{p - \Delta p_\rho} \right) \left(\frac{T - \Delta T_\rho}{T} \right); \quad (6.4)$$

- для жидкости

$$\rho = \rho_0 (1 - \beta_T \Delta T_\rho + \gamma_p \Delta p_\rho), \quad (6.5)$$

где ρ_0 — показания плотномера;

p_ρ — давление газа в чувствительном элементе плотномера, Па;

Δp_ρ — разность давления в месте отбора давления перед СУ и на чувствительном элементе плотномера, Па;

T_ρ — температура газа в чувствительном элементе плотномера, К;

ΔT_ρ — разность температуры в месте отбора давления перед СУ и на чувствительном элементе плотномера, К;

β_T — коэффициент объемного расширения жидкости (относительное изменение плотности жидкости при изобарическом увеличении ее температуры на единицу);

γ_p — коэффициент сжимаемости жидкости (относительное изменение плотности жидкости при изотермическом уменьшении ее давления на единицу).

6.4.1.8 Конструкция плотномера и его монтаж должны обеспечивать возможность проверки выполнения требований 6.4.1.1—6.4.1.7.

6.4.1.9 При определении плотности при рабочих условиях косвенным методом используют значения параметров среды, необходимые для выполнения расчета. Например, плотность газов при рабочих условиях может быть определена по их плотности при стандартных условиях, давлению и температуре (для смесей газов дополнительно — по компонентному составу по ГОСТ 30319.1), а также по значениям давления и температуры (для водяного пара по [3]). Плотность жидкости может быть определена по значениям давления и температуры (для смеси жидкостей дополнительно — по компонентному составу, *например по ГОСТ 28656*).

6.4.2 Определение плотности газа при стандартных условиях

6.4.2.1 Для определения плотности среды при стандартных условиях допускается применение прямых методов с применением плотномеров любого типа, не изменяющих структуру потока и косвенных методов измерений.

6.4.2.2 При отборе проб для лабораторного определения плотности газа при стандартных условиях руководствуются требованиями ГОСТ 18917.

Если применяется прямой метод отбора проб, когда проба отбирается из потока и непосредственно передается аналитическому прибору, то рекомендуется руководствоваться требованиями [4].

Точка отбора пробы может быть размещена на ИТ до СУ или после него.

При размещении точки отбора проб на ИТ после СУ расстояние между СУ и заборной трубкой должно быть не менее $4D$ при $\beta \le 0{,}2$ и не менее значения $8{,}55\,\beta^{0{,}55}D$, округленного до большего целого числа, при $\beta > 0{,}2$.

При размещении точки отбора на ИТ до СУ расстояние между СУ и заборной трубкой должно быть не менее $20D$.

6.4.2.3 Допускается определять плотность при стандартных условиях пикнометрическим методом в соответствии с ГОСТ 17310.

6.4.2.4 Рекомендуется частоту измерений плотности при стандартных условиях устанавливать исходя из неопределенности результатов измерений и возможных изменений значения плотности за заданный период времени (например, сутки, месяц). Число измерений за заданный период времени рассчитывают по формуле

$$n = 1 + \exp\left\{ \frac{CZ}{2B} + \sqrt{\left(\frac{CZ}{2B}\right)^2 + \frac{(Z - A)}{B}} \right\}, \quad (6.6)$$

где n — необходимое число проб;

$Z = 2\ln(S/U_{pc})$;

$A = -8{,}04445$;

$B = 2{,}50960$;

$C = 2{,}82837$;

U_{pc} — расширенная неопределенность результата измерений ρ_c;

S — оценка среднеквадратического отклонения результата измерений ρ_c, рассчитываемая по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} \rho_{ci}^2 - \frac{1}{m}\left(\sum_{i=1}^{m} \rho_{ci}\right)^2}{m-1}}, \qquad (6.7)$$

где m — число проб ($m \geq 4$), равномерно отобранных за заданный период времени;

ρ_{ci} — значение плотности при стандартных условиях, полученное в результате анализа i-й пробы.

Примечание — Формула (6.6) получена на основе положений, изложенных в [4].

6.4.2.5 Плотность при стандартных условиях смесей газов допускается определять по компонентному составу в соответствии с требованиями нормативных документов (например, для природного газа по ГОСТ 30319.1).

6.4.3 Определение компонентного состава

6.4.3.1 Для определения компонентного состава среды применяют хроматографы любого типа, не изменяющие состав среды.

6.4.3.2 При определении места отбора проб руководствуются требованиями 6.4.2.2.

6.4.3.3 Компонентный состав определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 23781, ГОСТ 10679.

6.4.4 Определение влажности газа

6.4.4.1 Для определения влажности газа применяют влагомеры любого типа, измеряющие температуру конденсации паров влаги (температуру точки росы), массовое и (или) объемное содержание водяных паров в единице объема газа.

6.4.4.2 При определении места отбора проб руководствуются требованиями 6.4.2.2.

6.4.4.3 Влажность природных газов определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 20060.

6.4.5 Дополнительная рекомендация

Для определения плотности при стандартных условиях, состава и влажности газа пробы рекомендуется отбирать из одной точки.

6.5 Вычислительные устройства

6.5.1 Вычислительное устройство должно автоматически вычислять значения параметров потока и среды, а также значение расхода среды в соответствии с 5.2 и количество среды в соответствии с 5.3.

При расчете расхода и количества среды допускается применение упрощенных формул. Дополнительный вклад в неопределенность результатов вычисления от введенных упрощений определяют относительно результатов вычислений, выполненных в соответствии с требованиями подраздела 8.2 и 8.3 настоящего стандарта.

6.5.2 Вычислительное устройство должно контролировать соблюдение методических ограничений на применение СУ и технологических ограничений на значения измеряемых величин.

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

6.5.4 Вычислительное устройство должно представлять результаты измерений и вычислений, а также данные о конфигурировании вычислительного устройства на внутреннее и(или) внешние устройства отображения информации.

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

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

6.5.7 Детализацию перечисленных в 6.5.1—6.5.6 функций вычислительного устройства и необходимость в дополнительных его функциях устанавливают заинтересованные стороны или соответствующий нормативный документ (при его наличии).

7 Подготовка к измерениям

7.1 Перед вводом в эксплуатацию технических средств проверяют соответствие требованиям:
- прямолинейных участков ИТ — ГОСТ 8.586.1 (раздел 7);
- монтажа соединительных трубок — раздела 6;
- конструкции СУ — ГОСТ 8.586.2, или ГОСТ 8.586.3, или ГОСТ 8.586.4;
- монтажа СИ параметров потока и среды — раздела 6 и монтажно-эксплуатационной документации;
- условий применения СУ — ГОСТ 8.586.1 (раздел 6).

Периодически, не реже одного раза в год, начиная с момента ввода в эксплуатацию комплекта СИ и технических средств, проверяют:
- СИ на соответствие требованиям раздела 4;
- наличие документации или соответствующих отметок, допускающих СИ к эксплуатации;
- корректность конфигурирования вычислительного устройства в составе СИ расхода и количества среды при его наличии.

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

7.2 Допускается по договоренности между заинтересованными сторонами проверку комплекта СИ и технических средств проводить чаще, чем это указано в 7.1.

8 Обработка результатов измерений

8.1 Расчет расхода среды

8.1.1 Исходные данные и применяемые формулы

8.1.1.1 Исходные данные

Для расчета расхода среды необходимы следующие исходные данные:
- тип СУ;
- способ отбора перепада давления (для диафрагм);
- диаметр отверстия СУ d_{20};
- внутренний диаметр ИТ D_{20};
- среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости Ra или эквивалентная шероховатость внутренней поверхности ИТ $R_ш$;
- материал, из которого изготовлено СУ;
- материал, из которого изготовлен прямолинейный участок ИТ непосредственно перед СУ;
- при применении диафрагм начальный радиус $r_н$ входной кромки диафрагмы и время $\tau_т$ эксплуатации диафрагмы с момента определения значения $r_н$ или межконтрольный интервал СУ — $\tau_у$;
- для смеси газов (в т. ч. природного газа) — полный ее состав или (для природного газа) — молярные доли диоксида углерода $x_у$ и азота $x_а$ в газе и его плотность при стандартных условиях $\rho_с$;
- плотность среды в рабочих условиях ρ (при наличии плотномера);
- перепад давления на СУ Δp;
- абсолютное давление p среды или избыточное давление $p_и$ среды и атмосферное давление $p_а$;
- температура среды t.

Примечание — Некоторые из перечисленных параметров или характеристик в зависимости от конкретного вида применяемых основных расчетных формул могут не использоваться.

8.1.1.2 Определение значений исходных величин

Значения параметров и характеристик СУ и ИТ (d_{20}, D_{20}, $R_ш$, $r_н$ и $\tau_т$ или $\tau_у$, а также марки материалов, из которых изготовлены ИТ и СУ) — в соответствии с сертификатами или с актами измерений геометрических параметров СУ и ИТ.

Значения физико-химических параметров смеси газов — полный состав смеси или (для природного газа) $\rho_с$, $x_у$, $x_а$, а также значения параметров потока — Δp, t, p (или $p_и$ и $p_а$) измеряют в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

8.1.1.3 Применяемые формулы для расчета расхода среды

Для расчета расхода среды применяют формулы, указанные в таблице 6.

Таблица 6 — Формулы, применяемые при расчете расхода среды

Наименование рассчитываемого параметра	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта для следующих типов СУ						
	Диафрагма	Сопло ИСА 1932	Эллипсное сопло	Сопло Вентури	Труба Вентури с литой необработанной входной конической частью	Труба Вентури с обработанной входной конической частью	Труба Вентури со сварной входной конической частью из листовой стали
Коэффициенты $K_т$ и $K_{су}$	ГОСТ 8.586.1 [формулы (5.6), (5.7)]						
Диаметр отверстия СУ d	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)]						
Внутренний диаметр ИТ D	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)]						
Относительный диаметр отверстия СУ β	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.1)]						
Коэффициент скорости входа E	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.6)]						
Поправочный коэффициент $K_п$	ГОСТ 8.586.2 (подпункт 5.3.2.4)	Значение $K_п$ принимают равным единице					
Коэффициент расширения ε	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.2)]					
Число Рейнольдса	формулы (5.9) — (5.11)						
Коэффициент истечения	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.1)]	ГОСТ 8.586.3 [формула 5.6)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.7)]	ГОСТ 8.586.4 [формулы (5.1), (5.2)]	ГОСТ 8.586.4 [формулы (5.3)— (5.6)]	ГОСТ 8.586.4 [формулы (5.7)— (5.8)]
Поправочный коэффициент $K_ш$	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.3)]	ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.2.6.4)	ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.3.4.4)	Значение $K_ш$ принимают равным единице		
Расход среды	Формулы (5.2) — (5.4), (5.6) — (5.8)						

Для расчета физических свойств среды — плотности (для жидкостей и водяного пара), плотности при стандартных условиях (для смесей газов с известным полным составом), коэффициента сжимаемости и показателя адиабаты (для газов), динамической вязкости применяют формулы или таблицы из соответствующих нормативных документов [см. ГОСТ 8.586.1 (пункт 5.4.1)].

Данные формулы дополняют условиями ограничений действия метода переменного перепада давления, приведенными в следующих стандартах:

- ГОСТ 8.586.2 (пункт 5.3.1, подпункт 5.3.2.2) — для диафрагм;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.1.6.1 и 5.1.6.3) — для сопел ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.2.6.1 и 5.1.6.3) — для эллипсных сопел;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункты 5.3.4.1, 5.1.6.3) — для сопел Вентури;
- ГОСТ 8.586.4 (подразделы 5.1 и 5.6) — для труб Вентури.

8.1.2 Порядок расчета расхода среды

8.1.2.1 Расчет значений промежуточных величин

В зависимости от марки материала СУ по ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)] рассчитывают d.

В зависимости от марки материала ИТ по ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)] рассчитывают D.

По ГОСТ 8.586.1 [формулы (3.1) и (3.6)] рассчитывают, соответственно, значения β и E.

Для диафрагм по ГОСТ 8.586.2 [формула (5.14)] для времени $\tau_т$ рассчитывают значение $r_к$, и по ГОСТ 8.586.2 [формула (5.13)] — находят значение $K_п$.

Если значение $K_п$ определяют по значению среднего радиуса $\bar{r}_к$ за межконтрольный интервал $\tau_у$, то рассчитывают среднее значение $\bar{r}_к$ по ГОСТ 8.586.2 [формула (5.15)], и значение $K_п$ — по ГОСТ 8.586.2 [формула (5.16)].

Для других СУ $K_п = 1$.

При измерении избыточного $p_и$ и атмосферного $p_а$ давления среды рассчитывают абсолютное давление p среды по формуле (6.2).

По формуле (6.3) вычисляют термодинамическую температуру T среды.

Рассчитывают следующие параметры среды:

- ρ — для жидкостей и водяного пара;
- $\rho_с$ — для смеси газов при заданном полном составе;
- K — для смеси газов;
- κ — для газообразных сред (смеси газов, водяного пара);
- μ — для всех сред.

При применении плотномера расчет значений плотности среды ρ и (или) $\rho_с$ не выполняют.

Значение ε (при расчете расхода газа, водяного пара) рассчитывают по ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)] — для диафрагм и по ГОСТ 8.586.3 [формула (5.2)] — для других СУ.

8.1.2.2 Расчет расхода выполняют в следующей последовательности:

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

б) рассчитывают первое приближение значения коэффициента истечения C_1;

в) находят первое приближение значения $K_{ш1}$ (для труб Вентури — не определяется);

г) применяя в зависимости от выбранных единиц измерений одну из формул (5.2) — (5.4), (5.6) — (5.8), рассчитывают первое приближение значения расхода среды q_1;

д) по полученному значению q_1, применяя формулы, указанные в таблице 6, последовательно находят второе приближение значений Re_2, C_2, $K_{ш2}$ и q_2;

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

$$|q_i - q_{i-1}|/q_i < 10^{-5}. \qquad (8.1)$$

Найденное значение q_i принимают за искомое значение расхода среды.

8.1.3 Примеры расчета расхода среды

8.1.3.1 Пример расчета расхода природного газа для диафрагмы с угловым способом отбора перепада давления приведен в Д.1 (приложение Д).

8.1.3.2 Пример расчета расхода перегретого пара для сопла ИСА 1932 приведен в Д.2 (приложение Д).

8.2 Расчет количества среды с помощью вычислительных устройств

Объем или массу среды определяют интегрированием функции расхода по времени.

Операцию интегрирования реализуют путем циклического процесса расчета расхода по переменным исходным данным и суммирования по одной из формул, приведенных в 5.3.

Порядок проведения расчета расхода на одном цикле вычислений аналогичен изложенному в 8.1.

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

8.3 Расчет количества среды по результатам планиметрирования диаграмм

8.3.1 Для определения m, V или V_c применяют формулы (5.25) — (5.27), где средние значения расхода $\overline{q}_m$, $\overline{q}_v$ или $\overline{q}_c$ соответственно находят согласно формулам, приведенным в 5.2, по средним значениям параметров потока и среды.

Так как зависимость величин q_m, q_v, q_c от измеряемых параметров, например Δp, ρ_c, ρ, T, p, является нелинейной, то при определении количества среды за определенный интервал времени в формулах (5.2) — (5.8) следует использовать такие оценки параметров как $\overline{\sqrt{\Delta p}}$, $\overline{\sqrt{p}}$, $\sqrt{\overline{\frac{1}{T}}}$, $\sqrt{\overline{\frac{1}{\rho_c}}}$ и т. д., которые определяются путем планиметрирования диаграмм параметров СИ потока.

Если невозможно провести вышеуказанную оценку параметров, то значения $\overline{q}_m$, $\overline{q}_v$ или $\overline{q}_c$ определяют по формулам (5.2) — (5.8), применяя средние значения параметров $\overline{\Delta p}$, $\overline{p}$, $\overline{\rho}$, $\overline{T}$, и т. д. В этом случае в соответствии с 10.4.3.3 учитывают неопределенность измеряемой величины, обусловленную тем, что среднее значение величины, вычисленное по нелинейной функции, численно может отличаться от значения величины, вычисленной по этой же нелинейной функции через средние значения переменных параметров.

Средние значения параметров потока и их нелинейных функций вида $\sqrt{y}$ находят путем планиметрирования диаграмм параметров потока в соответствии с приложением Е.

8.3.2 Для определения m, V или V_c в соответствии с формулами, приведенными в 5.2, обеспечивают регистрацию (запись на диаграммах) необходимых параметров потока и среды, например, для формул (5.6), или (5.7), или (5.8) — $\Delta p(\tau)$, $t(\tau)$, $p(\tau)$ или $p_и(\tau)$, а также $\rho_c(\tau)$ при наличии плотномера; для формул (5.2), или (5.3), или (5.4): $\Delta p(\tau)$, $t(\tau)$, $p(\tau)$ или $p_и(\tau)$, а также $\rho(\tau)$ при наличии плотномера. Для этого применяют соответствующие регистрирующие приборы.

8.3.3 Исходные данные

8.3.3.1 Для расчета количества среды необходимы следующие исходные данные:

- тип СУ;
- способ отбора перепада давления (для диафрагм);
- диаметр отверстия СУ d_{20};
- внутренний диаметр ИТ D_{20};
- среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости Ra или эквивалентная шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода $R_ш$;
- материал, из которого изготовлено СУ;
- материал, из которого изготовлен ИТ;
- в случае применения диафрагм — начальный радиус $r_и$ входной кромки диафрагмы и межконтрольный интервал СУ — τ_y;
- для смеси газов (в т. ч. природного газа) — полный ее состав или (для природного газа) — молярные доли диоксида углерода x_y и азота x_a в газе и его плотность при стандартных условиях ρ_c (в случае принятия значения ρ_c за условно-постоянную величину);
- атмосферное давление p_a (при измерении избыточного давления);
- диаграммы регистрации значений Δp (или $\sqrt{\Delta p}$), p или $p_и$, t, ρ и (или) ρ_c (при наличии плотномеров) на интервале времени, в течение которого определяют количество среды.

Примечание — Некоторые из перечисленных параметров или характеристик в зависимости от конкретного вида применяемых основных расчетных формул могут не использоваться.

8.3.3.2 Значения параметров и характеристик СУ и ИТ (d_{20}, D_{20}, $R_ш$, $r_и$ и $\tau_т$ или τ_y, а также материалы сталей, из которых изготовлены ИТ и СУ) находят согласно 8.1.1.2.

Значение физико-химических параметров среды (например, φ, x_y, x_a или полный состав среды, ρ_c или плотность ρ среды в рабочих условиях) находят путем прямых измерений согласно требованиям настоящего стандарта или расчетным путем. Значение параметров потока и измеряемой среды (Δp, t, p или $p_и$ и p_a) измеряют согласно требованиям настоящего стандарта. Параметры потока и среды (Δp, t, p или $p_и$), а также плотность ρ среды или ρ_c газа, при условии их непрерывного измерения, должны быть записаны на диаграммах.

С помощью планиметров (см. приложение Е) в зависимости от уравнения расхода определяют средние значения $\overline{\Delta p}$, $\overline{\sqrt{\Delta p}}$, $\overline{p}$ или $\overline{p_и}$, $\overline{\sqrt{p}}$ и $\overline{t}$, а также при наличии плотномера — среднее значение плотности $\overline{\rho}$ или $\overline{\rho_с}$, или среднее значение квадратного корня плотности $\overline{\sqrt{\rho}}$ или $\overline{\sqrt{\rho_с}}$.

8.3.4 Расчет значений промежуточных величин

Расчет значений промежуточных величин осуществляют по формулам, указанным в 8.1.2.1 при средних значениях аргументов этих формул.

В зависимости от марки стали СУ по ГОСТ 8.586.1 [формула (5.6)] рассчитывают значение $\overline{K_{су}}$ по среднему значению $\overline{t}$.

По ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)] рассчитывают значение $\overline{d}$ по значению $\overline{K_{су}}$.

В зависимости от марки стали ИТ по ГОСТ 8.586.1 [формула (5.7)] рассчитывают значение $\overline{K_т}$ по среднему значению $\overline{t}$.

По ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)] рассчитывают значение $\overline{D}$ по значению $\overline{K_т}$.

По ГОСТ 8.586.1 [формула (3.1)] рассчитывают значение $\overline{\beta}$ по значениям $\overline{d}$ и $\overline{D}$.

По ГОСТ 8.586.1 [формула (3.6)] рассчитывают значение $\overline{E}$ по значению $\overline{\beta}$.

Рассчитывают среднее значение $\overline{r_к}$ по ГОСТ 8.586.2 [формула (5.15)] за межконтрольный интервал $\tau_у$ и по ГОСТ 8.586.2 [формула (5.16)] рассчитывают $\overline{K_п}$, используя значения $\overline{\beta}$, $\overline{d}$ и $\overline{r_к}$.

Для других СУ $\overline{K_п} = 1$.

Если измеряют избыточное давление $p_и$ среды и атмосферное давление $p_а$, то по их средним значениям вычисляют значение $\overline{p}$ по формуле (6.2).

По формуле (6.3) вычисляют среднее значение $\overline{T}$.

При отсутствии плотномера рассчитывают значение $\overline{\rho}$ или для газов — $\overline{K}$.

Рассчитывают значение $\overline{\mu}$.

Если среда — газ, рассчитывают значение $\overline{\kappa}$.

По ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)] — для диафрагм и по ГОСТ 8.586.3 [формула (5.2)] — для других СУ, рассчитывают значение $\overline{\varepsilon}$ по значениям $\overline{\Delta p}$, $\overline{p}$, $\overline{\beta}$ и $\overline{\kappa}$.

8.3.5 Расчет количества среды

Расчет количества проводят аналогично 8.1.2.2 в следующей последовательности:

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

б) для значения $\overline{\beta}$ и числа Рейнольдса Re_1 рассчитывают первое приближение значения коэффициента истечения $\overline{C_1}$;

в) находят значение $\overline{K_{ш1}}$ (кроме труб Вентури) для значений $\overline{\beta}$ и $\overline{D}$, а также при значении Re_1;

г) по формулам, аналогичным (5.2), (5.3) или (5.4), а именно:

$$\overline{q_m} = 0{,}25\sqrt{2}\,\pi\,\overline{d}^{\,2}\,\overline{C}\,\overline{E}\,\overline{K_ш}\,\overline{K_п}\,\overline{\varepsilon}\,\sqrt{\overline{\Delta p}}\,\sqrt{\overline{\rho}}, \tag{8.2}$$

$$\overline{q_v} = 0{,}25\sqrt{2}\,\pi\,\overline{d}^{\,2}\,\overline{C}\,\overline{E}\,\overline{K_ш}\,\overline{K_п}\,\overline{\varepsilon}\,\sqrt{\overline{\Delta p}}\,\sqrt{\overline{\frac{1}{\rho}}}, \tag{8.3}$$

$$\overline{q_с} = 0{,}25\sqrt{2}\,\pi\,\overline{d}^{\,2}\,\overline{C}\,\overline{E}\,\overline{K_ш}\,\overline{K_п}\,\overline{\varepsilon}\,\sqrt{\overline{\Delta p}}\,\sqrt{\overline{\rho}}\,\frac{1}{\rho_с} \tag{8.4}$$

или по формулам, аналогичным (5.6), (5.7) или (5.8), а именно:

$$\overline{q_m} = 0{,}25\sqrt{2\frac{T_с}{p_с}}\,\pi\,\overline{d}^{\,2}\,\overline{C}\,\overline{E}\,\overline{K_ш}\,\overline{K_п}\,\overline{\varepsilon}\,\sqrt{\overline{\Delta p}}\,\sqrt{\overline{p}}\,\sqrt{\overline{\rho_с}}\,\sqrt{\frac{1}{\overline{T}\,\overline{K}}}, \tag{8.5}$$

$$\overline{q_v} = 0{,}25\sqrt{2\frac{p_с}{T_с}}\,\pi\,\overline{d}^{\,2}\,\overline{C}\,\overline{E}\,\overline{K_ш}\,\overline{K_п}\,\overline{\varepsilon}\,\sqrt{\overline{\Delta p}}\,\sqrt{\frac{\overline{T}\,\overline{K}}{\overline{p_с}\,\overline{p}}}, \tag{8.6}$$

$$\overline{q}_c = 0{,}25\sqrt{2\frac{T_c}{\rho_c}}\pi\overline{d}^2\,\overline{C}\,\overline{E}\,\overline{K_ш}\,\overline{K_п}\,\overline{\varepsilon}\,\sqrt{\overline{\Delta p}}\,\sqrt{\overline{p}}\,\sqrt{\frac{1}{\overline{\rho}_c\overline{T}\,\overline{K}}} \qquad (8.7)$$

рассчитывают первое приближение среднего значения соответствующего расхода среды $\overline{q}_1$;

д) по соответствующим формулам (5.9) — (5.11) последовательно рассчитывают второе приближение значений Re_2, а потом $\overline{C}_2$, $\overline{K_{ш2}}$ и $\overline{q}_2$;

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

$$|\overline{q_i} - \overline{q_{i-1}}|/\overline{q_i} < 10^{-5}. \qquad (8.8)$$

Предел допускаемого относительного отклонения в условии (8.8) может быть увеличен. При этом относительное отклонение, вычисленное на последнем шаге итераций, должно быть учтено путем геометрического суммирования* его с неопределенностью результата определения количества среды;

ж) по средним значениям расходов $\overline{q}_m$, $\overline{q}_v$ или $\overline{q}_c$ согласно формулам (5.25), (5.26) или (5.27) находят соответственно m, V или V_c.

8.3.6 Пример расчета количества природного газа для диафрагмы с угловым способом отбора перепада давления приведен в Д.3 (приложение Д).

8.4 Представление результатов измерений и расчетов

8.4.1 Результаты измерений и расчета представляют именованным числом.

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

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

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

$$N = 4 - \lg(2\,A\,U'_y), \qquad (8.9)$$

где A — числовое значение первой значащей цифры значения величины y.

Значение N округляют до целого числа.

9 Требования безопасности и требования к квалификации оператора

9.1 При проведении монтажа СИ и выполнении измерений необходимо соблюдать правила техники безопасности. На рабочем месте должны быть обеспечены условия, соответствующие требованиям охраны труда.

9.2 Перед монтажом СИ и вспомогательного оборудования необходимо обратить внимание на их соответствие сопроводительной технической документации, наличие и целостность маркировок взрывозащиты, наличие и целостность крепежных элементов, оболочек. Монтаж узлов необходимо производить в строгом соответствии со схемой внешних соединений. Запрещается вносить какие-либо изменения в электрическую схему, а также использовать любые запасные части, не предусмотренные технической документацией, без согласования с изготовителем.

9.3 В процессе эксплуатации, не реже одного раза в месяц, СИ и вспомогательное оборудование должны быть осмотрены квалифицированным персоналом. При этом необходимо обращать внимание на целостность оболочек, наличие крепежных элементов, пломб, предупредительных надписей и др.

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

9.5 Оператор должен знать и выполнять инструкции по эксплуатации применяемых СИ.

---

* Геометрическое суммирование выполняют извлечением квадратного корня из суммы квадратов величин.

10 Оценка неопределенности результатов измерений

10.1 Общие положения

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

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

- пределы допускаемых значений основной погрешности СИ или неопределенности результатов измерений, вносимой СИ, с указанием уровня доверия;
- пределы допускаемых значений дополнительных погрешностей СИ или неопределенности результатов измерений, вносимые СИ, при наибольших отклонениях внешних влияющих величин от нормальных значений, либо максимально допускаемые значения коэффициентов влияния.

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

В этом случае принимают следующие допущения:

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

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

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

$$U'_y = 2u'_y. \qquad (10.1)$$

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

$$u'_y = \frac{U'_y}{k}, \qquad (10.2)$$

где k — коэффициент охвата, зависящий от распределения вероятностей, приписанного рассматриваемой величине, и уровня доверия.

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

$$u'_y = \frac{(y_{max} - y_{min})}{\sqrt{3}(y_{max} + y_{min})} 100. \qquad (10.3)$$

Примечание — Если разность между границами y_{min} и y_{max} обозначить как $2\Delta y$, а их среднее значение как y, то формула (10.3) примет вид:

$$u'_y = \frac{\Delta y}{y\sqrt{3}} 100.$$

Если задана погрешность СИ, то относительную стандартную неопределенность результата измерений величины y рассчитывают по следующим формулам:

- при известной основной абсолютной погрешности Δy или основной относительной погрешности δ'_{oy}

$$u'_y = 50 \frac{\Delta y}{y} = 0{,}5\, \delta'_{oy}, \qquad (10.4)$$

- при известной приведенной основной погрешности γ_o, если нормирующим параметром принят диапазон измерений ($y_в - y_н$),

$$u'_y = 0{,}5\,\gamma_0\,\frac{y_в - y_н}{y}, \qquad (10.5)$$

- если нормирующим параметром принят верхний предел измерений,

$$u'_y = 0{,}5\,\gamma_0\,\frac{y_в}{y}. \qquad (10.6)$$

10.1.4 Дополнительную составляющую относительной стандартной неопределенности величины y, вызванную внешней влияющей величиной, рассчитывают по следующим формулам:

- при нормировании пределов допускаемых значений погрешности СИ при наибольших отклонениях внешней влияющей величины от нормального значения

$$u'_{yд} = 0{,}5\,\delta_{од} = 50\,\frac{\Delta_д}{y} = 0{,}5\,\gamma_д\,\frac{y_в - y_н}{y}, \qquad (10.7)$$

где $\delta_{од}$, $\Delta_д$, $\gamma_д$ — относительная, абсолютная и приведенная дополнительные погрешности;

- при нормировании пределов допускаемых значений коэффициентов влияния

$$u'_{yд} = 0{,}5\,\delta_{пд}\,\frac{\Delta x_{max}}{\Delta x} = 50\,\frac{\Delta_{пд}}{y}\,\frac{\Delta x_{max}}{\Delta x} = 0{,}5\,\gamma_{пд}\,\frac{\Delta x_{max}}{\Delta x}\,\frac{y_в - y_н}{y}, \qquad (10.8)$$

где $\delta_{пд}$ — предел допускаемых значений дополнительной относительной погрешности при отклонении влияющей величины на Δx;

$\Delta_{пд}$ — предел допускаемых значений дополнительной абсолютной погрешности при отклонении влияющей величины на Δx;

$\gamma_{пд}$ — предел допускаемых значений дополнительной приведенной погрешности при отклонении влияющей величины на Δx, нормированный от диапазона измерений;

Δx_{max} — наибольшее отклонение внешней влияющей величины от нормального значения.

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

$$u'_y = \left[u'^2_{yo} + \sum_{i=1}^{n} u'^2_{yдi}\right]^{0,5}, \qquad (10.9)$$

где n — число влияющих величин;

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

$u'_{yдi}$ — дополнительный вклад в неопределенность результата измерений величины y от i-й влияющей величины.

10.1.6 Относительную стандартную неопределенность результата измерений величины y, определяемую косвенным методом, которая связана функциональной зависимостью с измеряемыми величинами y_i (например температурой, давлением, компонентным составом)

$$y = F(y_1, y_2, \ldots y_n),$$

рассчитывают по формуле

$$u'_y = \left[u'^2_{MF} + \sum_{i=1}^{n} \vartheta^2_{yi} u'^2_{yi}\right]^{0,5}, \qquad (10.10)$$

где u'_{MF} — неопределенность, приписываемая функциональной зависимости;

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

ϑ_{yi} — относительный коэффициент чувствительности величины y к изменению i-й измеряемой величины.

Примечание — При известной абсолютной погрешности Δy или относительной погрешности δ_y, приписываемой функциональной зависимости, неопределенность u'_{MF} рассчитывают по формуле

$$u'_{MF} = \frac{\Delta y}{y\sqrt{3}}100 = \frac{\delta_y}{\sqrt{3}},$$

Относительный коэффициент чувствительности рассчитывают по формуле

$$\vartheta_{yi} = F'_{yi}\,\frac{y_i}{y}, \qquad (10.11)$$

где F'_{yi} — частная производная функции F по y_i.

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

$$\vartheta_{yi} = \frac{\Delta y}{\Delta y_i}\,\frac{y_i}{y}, \qquad (10.12)$$

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

Значение Δy_i рекомендуется выбирать не более абсолютной неопределенности измерений y_i.

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

10.2 Формулы для расчета неопределенности расхода среды

Неопределенность расхода среды рассчитывают по формулам:

- при измерении массового или объемного расхода жидкости

$$u'_q = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_ш} + u'^2_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + 0{,}25(u'^2_{\Delta p} + u'^2_\rho) \right\}^{0{,}5}; \qquad (10.13)$$

- при измерении массового расхода газа

$$u'_q = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_ш} + u'^2_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0{,}25(u'^2_{\Delta p} + u'^2_\rho) \right\}^{0{,}5}; \qquad (10.14)$$

- при измерении объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, в случае независимости ρ и ρ_c (например, ρ определяют с помощью плотномера)

$$u'_q = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_ш} + u'^2_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + u'^2_{\rho_c} + 0{,}25(u'^2_{\Delta p} + u'^2_\rho) \right\}^{0{,}5}; \qquad (10.15)$$

- при измерении объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, в случае зависимости ρ и ρ_c

$$u'_q = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_ш} + u'^2_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0{,}25(u'^2_{\Delta p} + u'^{*2}_\rho + u'^2_{\rho_c}) \right\}^{0{,}5}, \qquad (10.16)$$

где u'^*_ρ — относительная стандартная неопределенность плотности, которую рассчитывают без учета $u'_{\rho c}$, так как неопределенность измерений расхода, вызванная неопределенностью результата измерений ρ_c, учтена в формуле (10.16) членом $0{,}25\,u'_{\rho c}$.

10.3 Составляющие неопределенности расхода среды

10.3.1 Относительную стандартную неопределенность коэффициента истечения с учетом влияющих факторов рассчитывают по формуле

$$u'_C = 0{,}5(U'_{C_0} + U'_L + U'_{l_t} + U'_{e_x} + U'_h), \qquad (10.17)$$

где U'_{C_0} — определяют согласно:

- ГОСТ 8.586.2 (подпункт 5.3.3.1) для диафрагм;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.1.7.1) для сопел ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.2.7.1) для эллипсных сопел;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.3.5.1) для сопел Вентури;
- ГОСТ 8.586.4 (подраздел 5.7) для труб Вентури;

U'_L — составляющая неопределенности коэффициента истечения, которая обусловлена сокращением длины прямолинейных участков и определяется в соответствии с ГОСТ 8.586.2 (раздел 6), ГОСТ 8.586.3 (раздел 6), ГОСТ 8.586.4 (раздел 6);

U'_{l_t} — составляющая неопределенности коэффициента истечения, которая обусловлена сокращением длины прямолинейных участков между СУ и гильзой термометра и определяется в соответствии с 6.3.5;

U'_{e_x} — определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2 (пункт 6.5.3);

U'_h — определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2 (пункт 6.4.4).

10.3.2 Значение u'_d принимают равным 0,02 %, а u'_D — 0,1 %.

10.3.3 Относительную стандартную неопределенность коэффициента расширения рассчитывают по формуле

$$u'_\varepsilon = \left[0{,}25U'^2_{\varepsilon_0} + \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\right)^2 (u'^2_{\Delta p} + u'^2_p + u'^2_\kappa)\right]^{0{,}5}, \qquad (10.18)$$

где значения U'_{ε_0} вычисляют согласно:

- ГОСТ 8.586.2(подпункт 5.3.3.2) для диафрагм;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.1.7.2) для сопел ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.2.7.2) для эллипсных сопел;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.3.5.2) для сопел Вентури;
- ГОСТ 8.586.4 (подраздел 5.8) для труб Вентури.

Формулы для расчета неопределенностей результатов измерений Δp, p и значения к представлены в 10.3.4, 10.3.5 и 10.3.9.

10.3.4 Неопределенность результата измерения Δp рассчитывают по формуле

$$u'_{\Delta p} = \left\{\sum_{i=1}^{n} [\vartheta_i u'_{y_i}]^2\right\}^{0{,}5}, \qquad (10.19)$$

где n — число последовательно соединенных измерительных преобразователей или измерительных приборов, используемых для измерения перепада давления;

ϑ_i — коэффициент чувствительности i-го измерительного преобразователя или измерительного прибора перепада давления;

u'_{y_i} — неопределенность, вносимая i-м измерительным преобразователем или измерительным прибором перепада давления с учетом дополнительных составляющих неопределенностей.

Значения коэффициентов ϑ_i в зависимости от функции преобразования измерительного преобразователя или измерительного прибора и их порядкового номера в последовательно соединенной цепи приведены в таблице 7.

Таблица 7 — Значения коэффициентов чувствительности для расчета составляющих неопределенности перепада давления

n	Функции преобразования прибора			ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3
	1-го	2-го	3-го			
2	Линейная	Линейная	—	1	1	—
2	Линейная	Квадратичная	—	1	2	—
2	Квадратичная	Линейная	—	2	2	—
3	Линейная	Линейная	Линейная	1	1	1
3	Линейная	Линейная	Квадратичная	1	1	2
3	Линейная	Квадратичная	Линейная	1	2	2
3	Квадратичная	Линейная	Линейная	2	2	2

В соответствии с таблицей 7, например, для случая комплекта, состоящего из преобразователя разности давления и регистрирующего прибора с линейными функциями преобразования, а также корневого планиметра, формула (10.19) примет вид:

$$u'_{\Delta p} = (u'^2_1 + u'^2_2 + 4u'^2_3)^{0,5}, \qquad (10.20)$$

где u'_1, u'_2 и u'_3 — составляющие неопределенности, обусловленные первым, вторым преобразователями и планиметром, соответственно.

10.3.5 Неопределенность результата измерения абсолютного давления рассчитывают по формулам:

- при применении преобразователей абсолютного давления

$$u'_p = \left\{\sum_{i=1}^{n}[u'_{y_i}]^2\right\}^{0,5}, \qquad (10.21)$$

- при применении преобразователей избыточного давления

$$u'_p = \left\{\left(\frac{p_и}{p}\right)^2 \sum_{i=1}^{n}[u'_{y_i}]^2 + \left(\frac{p_а}{p}\right)^2 u'^2_{p_а}\right\}^{0,5}, \qquad (10.22)$$

где n — число последовательно соединенных измерительных преобразователей или измерительных приборов, используемых для измерения давления;

u'_{y_i} — неопределенность, вносимая i-м измерительным преобразователем или измерительным прибором давления с учетом дополнительных составляющих неопределенности;

$u'_{p_а}$ — неопределенность результата измерения атмосферного давления с учетом дополнительных составляющих неопределенности.

10.3.6 Неопределенность результата измерения температуры среды рассчитывают по формуле

$$u'_T = \frac{100(t_в - t_н)}{273,15 + t}\left\{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{u_{y_i}}{y_{вi} - y_{нi}}\right]^2\right\}^{0,5}, \qquad (10.23)$$

где n — число последовательно соединенных измерительных преобразователей или измерительных приборов, используемых для измерения температуры;

u_{yi} — стандартная неопределенность, вносимая i-м измерительным преобразователем или измерительным прибором температуры с учетом дополнительных составляющих неопределенности.

10.3.7 Значение u'_{ρ_c} при условии измерения ρ_c с помощью плотномера рассчитывают по формуле

$$u'_{\rho_c} = 50\frac{\Delta\rho_c}{\rho_c}, \qquad (10.24)$$

где $\Delta\rho_c$ — абсолютная погрешность плотномера.

При иных вариантах нормирования метрологических характеристик плотномера неопределенность u'_{ρ_c} рассчитывают согласно формулам, приведенным в 10.1.3.

Если в измерительном канале плотности применяют более одного измерительного преобразователя, каждый из которых вносит известную неопределенность $u'_{\rho_c i}$ в результат измерения, то неопределенность u'_{ρ_c} рассчитывают по формуле

$$u'_{\rho_c} = \left(\sum_{i=1}^{n} u'^2_{\rho_c i}\right)^{0,5}, \qquad (10.25)$$

где n — число измерительных преобразователей в канале измерения плотности ρ_c.

При условии расчета ρ_c методом косвенных измерений, неопределенность u'_{ρ_c} определяют в соответствии с требованиями нормативных документов, регламентирующих применяемый метод расчета.

При определении ρ_c по компонентному составу среды допускается, если иное не оговорено в нормативных документах, неопределенность u'_{ρ_c} рассчитывать по формуле

$$u'_{\rho c} = \frac{1}{\rho_c}\left\{\sum_{i=1}^{n}(x_i \rho_{ci})^2 (u'^2_{x_i} + u'^2_{\rho_{ci}})\right\}^{0,5}, \quad (10.26)$$

где u'_{x_i} — неопределенность результата определения концентрации i-го компонента;

$u'_{\rho_{ci}}$ — неопределенность результата определения плотности при стандартных условиях i-го компонента;

n — число компонентов в газовой смеси.

10.3.8 Если плотность ρ в рабочих условиях измеряют с помощью плотномера, то неопределенность u'_ρ рассчитывают по формуле

$$u'_\rho = 50\Delta\rho/\rho, \quad (10.27)$$

где $\Delta\rho$ — абсолютная погрешность плотномера.

При иных вариантах нормирования метрологических характеристик плотномера неопределенность u'_ρ рассчитывают согласно формулам, приведенным в 10.1.3.

Если измерительный канал плотности включает более одного измерительного преобразователя, то неопределенность u'_ρ рассчитывают по формуле

$$u'_\rho = \left(\sum_{i=1}^{n} u'^2_{\rho i}\right)^{0,5}, \quad (10.28)$$

где n — число измерительных преобразователей;

$u'_{\rho i}$ — неопределенность, вносимая i-м измерительным преобразователем.

Если к показаниям плотномера вводят поправку (см. 6.4.1.7), то сумму в формуле (10.28) дополняют неопределенностью поправки, определяемой в соответствии с 10.1.6, пренебрегая при этом методической неопределенностью поправки.

Если плотность среды определяют косвенным методом, то неопределенность u'_ρ устанавливают согласно нормативному документу, который регламентирует применяемый метод расчета.

Допускается, если иное не оговорено в нормативных документах, неопределенность u'_ρ рассчитывать по формулам:

- при определении плотности через p и T

$$u'_\rho = (u'^2_{\rho_0} + \vartheta^2_T u'^2_T + \vartheta^2_p u'^2_p)^{0,5}, \quad (10.29)$$

где u'_{ρ_0} — неопределенность, приписываемая уравнению, применяемому для расчета плотности среды (значения приводят в соответствующих нормативных документах, устанавливающих методы косвенного расчета плотности);

ϑ_T, ϑ_p — коэффициенты чувствительности, определяемые в соответствии с 10.1.6 (для жидкостей значение ϑ_p может быть принято равным нулю);

- при определении плотности через фактор сжимаемости Z

$$u'_\rho = (u'^2_Z + u'^2_T + u'^2_p)^{0,5}, \quad (10.30)$$

где u'_Z — неопределенность фактора сжимаемости среды;

- при расчете плотности через коэффициент сжимаемости K

$$u'_\rho = (u'^2_K + u'^2_{\rho_c} + u'^2_T + u'^2_p)^{0,5}, \quad (10.31)$$

где u'_K — неопределенность коэффициента сжимаемости среды.

Составляющую неопределенности u'^*_ρ, приведенную в формуле (10.16), рассчитывают по формуле

$$u'^*_\rho = (u'^2_K + u'^2_T + u'^2_p)^{0,5}. \quad (10.32)$$

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

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

При известной приведенной основной погрешности применяемого СИ компонентного состава среды неопределенность u'_{x_i} рассчитывают по формуле

$$u'_{x_i} = 0{,}5\,\frac{x_{дi}}{x_i}\,\gamma_{0x_i}, \tag{10.33}$$

где $x_{дi}$ — диапазон шкалы измерения i-го компонента.

Если известно значение стандартной неопределенности u_{x_i}, то относительную стандартную неопределенность u'_{x_i} рассчитывают по формуле

$$u'_{x_i} = 100\,\frac{u_{x_i}}{x_i}. \tag{10.34}$$

10.3.11 Относительную стандартную неопределенность $u'_{Kш}$ принимают равной 1/2 значения $U'_{Kш}$, которое вычисляют согласно

- ГОСТ 8.586.2 (подпункт 5.3.3.3) — для диафрагм;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.1.7.3) — для сопел ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (подпункт 5.3.5.3) — для сопел Вентури.

10.3.12 Относительную стандартную неопределенность $u'_{Kп}$ принимают равной 1/2 значения $U'_{Kп}$, которое определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2 (подпункт 5.3.3.4).

10.3.13 При применении вычислительных устройств при расчете относительной суммарной стандартной неопределенности расхода необходимо учитывать неопределенность, обусловленную вычислительным устройством u'_{K_q}.

Эту неопределенность устанавливают по паспортным данным вычислителя.

Составляющую неопределенности расхода u'_{K_q} учитывают как дополнительную составляющую в формулах (10.13) — (10.16). В этом случае, например, формула (10.16) с учетом формулы (10.32) примет вид:

$$u'_q = \left[u'^2_{Kq} + u'^2_C + u'^2_{Kш} + u'^2_{Kп} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0{,}25(u'^2_{\Delta p} + u'^2_p + u'^2_T + u'^2_{\rho c} + u'^2_K)\right]^{0{,}5}. \tag{10.35}$$

В случае применения измерительных комплексов (СИ, для которых погрешность нормирована с учетом погрешностей вычислителя и СИ параметров потока среды) неопределенности $u'_{\Delta p}$, u'_p и u'_T принимают равными нулю и не учитывают при расчете неопределенностей u'_ε, u'_K, u'_κ. При этом формула (10.35), например, примет вид:

$$u'_q = \left[u'^2_{oq} + u'^2_C + u'^2_{Kш} + u'^2_{Kп} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0{,}25(u'^2_{\rho c} + u'^2_K)\right]^{0{,}5}, \tag{10.36}$$

где u'_{oq} — составляющая неопределенности результата измерений расхода, вносимая измерительным комплексом с учетом составляющих неопределенностей результатов измерения Δp, p и T.

10.4 Оценка неопределенности результатов определения количества среды

10.4.1 Список составляющих суммарной неопределенности результата определения количества среды включает неопределенности, имеющие место при определении расхода, и ряд дополнительных составляющих неопределенностей, обусловленных интегрированием уравнений расхода.

10.4.2 При применении вычислительных устройств учитывают неопределенность результата определения интервала времени u'_τ, в течение которого рассчитывают количество среды.

Кроме того, при измерении величины y возникает дополнительная неопределенность $u'_{дy}$, обусловленная дискретизацией ее аналогового сигнала $y(\tau)$ во времени τ.

10.4.2.1 Неопределенность u'_τ рассчитывают по формуле

$$u'_\tau = 50\,\frac{\tau_{вк} - \tau_э}{\tau_э} = 50\,\frac{n\Delta\tau - \tau_э}{\tau_э}, \tag{10.37}$$

где $\tau_{вк}$ — время интервала (например, сутки), которое показал вычислитель расхода и количества среды;

$\tau_э$ — время, определенное с помощью СИ, применяемого для проверки установки интервала времени вычислителя;

$\Delta\tau$ — интервал опроса измерительных преобразователей;

n — число опросов измерительных преобразователей за время $\tau_э$.

Неопределенность u'_τ геометрически суммируют с составляющими неопределенности результата измерения расхода, приведенными в формулах (10.13) — (10.16), (10.35) и (10.36).

10.4.2.2 Неопределенность $u'_{ДУ}$ для каждой измеряемой величины рассчитывают по формуле

$$u'_{ДУ} = \frac{100}{y}\left(\frac{\Delta\tau}{\tau_к - \tau_н}\right)^{0,5}\left[\left(\frac{\Delta\tau}{\tau_к - \tau_н}\right)\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 - \left(\frac{\Delta\tau}{\tau_к - \tau_н - \Delta\tau}\right)\sum_{i=1}^{n-1}(y_i - \bar{y})(y_{i+1} - \bar{y})\right]^{0,5}, \quad (10.38)$$

где y_i — значение величины y в i-й точке на интервале $(\tau_к - \tau_н)$ с шагом дискретизации $\Delta\tau$.

Неопределенность $u'_{ДУ}$ геометрически суммируют с неопределенностью результата измерения величины y, а именно: Δp, p, t, ρ и $\rho_с$.

Неопределенность $u'_{ДУ}$ может быть оценена после проведения измерений, поэтому ее учет возможен только в реальных условиях эксплуатации. Если $\Delta\tau \le 1$ с, то значение $u'_{ДУ}$ допускается принимать равным нулю.

10.4.3 При расчете количества среды по результатам планиметрирования диаграмм или показаниям интегрирующих устройств учитывают для каждой измеряемой и регистрируемой величины следующие дополнительные составляющие:

$u'_{плy}$ — неопределенность результата планиметрирования;

$u'_{τy}$ — неопределенность хода диаграммы;

$u'_{\bar{y}}$ — неопределенность результата определения среднего значения расхода за заданный интервал времени, обусловленная усреднением величины.

10.4.3.1 Неопределенность $u'_{плy}$ устанавливают по эксплуатационной документации применяемых планиметров с использованием соответствующих формул, приведенных в 10.1.3.

Неопределенность $u'_{плy}$ геометрически суммируют с составляющими неопределенности измерения величины y, подлежащей планиметрированию, а именно Δp, p и T.

10.4.3.2 Неопределенность $u'_{τy}$ устанавливают по эксплуатационной документации применяемых средств регистрации величин с применением соответствующих формул, приведенных в 10.1.3.

Неопределенность $u'_{τy}$ геометрически суммируют с составляющими неопределенности результатов измерения величины y, подлежащей планиметрированию, а именно Δp, p и T.

10.4.3.3 При применении средних значений $\overline{\Delta p}$, $\bar{p}$ и $\bar{T}$ в расчете количества среды возникают неопределенности, соответственно $u'_{\overline{\Delta p}}$, $u'_{\bar{p}}$ и $u'_{\bar{T}}$, которые рассчитывают по формулам:

$$u'_{\overline{\Delta p}} = \frac{50}{\sqrt{\frac{8}{D(\Delta p)} - 1}}; \quad (10.39)$$

$$u'_{\bar{p}} = \frac{50}{\sqrt{\frac{8}{D(p)} - 1}}; \quad (10.40)$$

$$u'_{\bar{T}} = -\frac{50}{\sqrt{\frac{8}{3D(T)} + 1}}, \quad (10.41)$$

где $D(\Delta p)$, $D(p)$ и $D(T)$ — относительные дисперсии величин, соответственно Δp, p и T, которые находят в соответствии с [5] по формулам:

$$D(\Delta p) = \frac{D_A(\Delta p)}{(\overline{\Delta p})^2}; \quad D(p) = \frac{D_A(p)}{(\bar{p})^2}; \quad D(T) = \frac{D_A(T)}{(\bar{T})^2},$$

где $\overline{\Delta p}$, $\bar{p}$ и $\bar{T}$ — средние значения, соответственно Δp, p и T за интервал времени планиметрирования $(\tau_к - \tau_н)$;

$D_A(\Delta p)$, $D_A(p)$ и $D_A(T)$ — абсолютные дисперсии величин, соответственно Δp, p и T, в интервале времени планиметрирования $(\tau_к - \tau_н)$.

Оценку значений относительной дисперсии величин допускается рассчитывать по формуле

$$D(y) = \frac{1}{3}\left(\frac{y_{max} - y_{min}}{y_{max} + y_{min}}\right)^2, \qquad (10.42)$$

где y_{max} и y_{min} — соответственно максимальное и минимальное значение величины у за интервал времени планиметрирования ($\tau_к - \tau_н$).

Если для расчета количества среды применяются средние значения $\overline{\sqrt{\Delta p}}$ и $\overline{\sqrt{p}}$, получаемые при применении корневого планиметра, то неопределенности, соответственно $u'_{\overline{\Delta p}}$ и $u'_{\overline{p}}$, равны нулю.

Если известны нижнее и верхнее значения диапазона изменения величины у, то составляющая неопределенности расхода, обусловленная заменой величины, входящей нелинейно в формулы расхода его средним значением, может быть рассчитана по формуле

$$u'_{\bar{y}} = 6{,}25\,\frac{\partial^2 q}{\partial y^2}\,\frac{(y_{max} - y_{min})^2}{q}, \qquad (10.43)$$

где $\frac{\partial^2 q}{\partial y^2}$ — вторая частная производная функции расхода по y. Вторая частная производная, входящая в формулу (10.43), может быть рассчитана по формуле

$$\frac{\partial^2 q}{\partial y^2} = \frac{4(q_1 + q_3 - 2q_2)}{(y_{max} - y_{min})^2}, \qquad (10.44)$$

где q_1 — расход при y_{max}; q_2 — расход при $(y_{max} + y_{min})/2$; q_3 — расход при y_{min}.

Если неопределенность $u'_{\bar{y}}$ менее 0,05 %, то данной неопределенностью пренебрегают. Если условие не выполняется, то эту неопределенность геометрически суммируют с составляющими неопределенности результата определения количества среды.

10.4.4 Если величина принята за условно-постоянную величину, то относительную стандартную неопределенность результата определения данной величины рассчитывают по формуле (10.3).

Данную неопределенность геометрически суммируют с составляющими неопределенности результата измерения величины, например, ρ_c.

10.4.5 Конкретные уравнения расчета относительных суммарных стандартных неопределенностей u'_m, u'_V и u'_{V_c}, соответственно массы m, объема V в рабочих условиях и объема V_c, приведенного к стандартным условиям, определяют в соответствии с конкретными формулами расчета количества среды.

Например, неопределенность u'_{V_c} рассчитывают по формулам:

- в случае зависимости ρ и ρ_c, и применения вычислителя

$$u'_{V_c} = \left\{ u'^2_{Kq} + u'^2_{\tau} + u'^2_{C} + u'^2_{Kш} + u'^2_{Kп} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_{D} + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_{d} + \right.$$
$$\left. + u'^2_{\varepsilon} + 0{,}25[(u'^2_{\Delta p} + u'^2_{д\Delta p}) + (u'^2_{p} + u'^2_{дp}) + (u'^2_{T} + u'^2_{дT}) + u'^2_{\rho_c} + u'^2_{K}] \right\}^{0,5}, \qquad (10.45)$$

- в случае зависимости ρ и ρ_c и применения измерительного комплекса [см. также формулу (10.36)]

$$u'_{V_c} = \left\{ u'^2_{oq} + u'^2_{\tau} + u'^2_{C} + u'^2_{Kш} + u'^2_{Kп} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_{D} + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_{d} + \right.$$
$$\left. + u'^2_{\varepsilon} + 0{,}25[u'^2_{д\Delta p} + u'^2_{дp} + u'^2_{дT} + u'^2_{\rho_c} + u'^2_{K}] \right\}^{0,5}. \qquad (10.46)$$

При определении количества среды путем планиметрирования диаграмм неопределенность результата определения количества среды, например u'_{V_c} в случае зависимости p и p_c, рассчитывают по формуле:

$$u'_{V_c} = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K\text{ш}} + u'^2_{K\text{п}} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + u'^2_{\Delta p} + u'^2_p + u'^2_T + \right.$$

$$\left. + 0{,}25[(u'^2_{\Delta p} + u'^2_{\text{пл}\Delta p} + u'^2_{\tau\Delta p}) + (u'^2_p + u'^2_{\text{пл}p} + u'^2_{\tau p}) + (u'^2_T + u'^2_{\text{пл}T} + u'^2_{\tau T}) + u'^2_{p_c} + u'^2_K] \right\}^{0,5}. \quad (10.47)$$

Приложение А
(справочное)

Соотношение между единицами теплофизических величин

А.1 При выполнении расчетов, связанных с переводом единиц давления или перепада давления из одной системы в другую, используют соотношения, полученные в соответствии с ГОСТ 8.417:

$$\text{Па} = 10^{-5}\ \text{бар} = 1{,}01972 \cdot 10^{-5}\ \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 7{,}50064 \cdot 10^{-3}\ \text{мм рт. ст.} = 1{,}01972 \cdot 10^{-1}\ \text{мм вод. ст.};$$

$$\text{бар} = 10^{5}\ \text{Па} = 1{,}01972\ \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 7{,}50064 \cdot 10^{2}\ \text{мм рт. ст.} = 1{,}01972 \cdot 10^{4}\ \text{мм вод. ст.};$$

$$\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 9{,}80665 \cdot 10^{4}\ \text{Па} = 9{,}80665 \cdot 10^{-1}\ \text{бар} = 7{,}3556 \cdot 10^{2}\ \text{мм рт. ст.} = 10^{4}\ \text{мм вод. ст.};$$

$$\text{мм рт. ст.} = 1{,}3332 \cdot 10^{2}\ \text{Па} = 1{,}3332 \cdot 10^{-3}\ \text{бар} = 1{,}3595 \cdot 10^{-3}\ \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 1{,}3595\ \ 10\ \text{мм вод. ст.};$$

$$\text{мм вод. ст.} = 9{,}80665\ \text{Па} = 9{,}80665 \cdot 10^{-5}\ \text{бар} = 10^{-4}\ \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 7{,}3556 \cdot 10^{-2}\ \text{мм рт. ст.}$$

А.2 Значения динамической вязкости рассчитывают по известным значениям плотности среды и ее кинематической вязкости по формуле

$$\mu = \rho \cdot \nu. \qquad \text{(А.1)}$$

При выполнении расчетов, связанных с переводом единиц динамической вязкости из одной системы в другую, используют соотношения:

$$\frac{\text{кгс} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 2{,}7778 \cdot 10^{-4}\ \frac{\text{кгс} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2} = 9{,}80665\ \text{Па} \cdot \text{с} = 9{,}80665 \cdot 10\ \frac{\text{дин} \cdot \text{с}}{\text{см}^2};$$

$$\frac{\text{кгс} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2} = 3600\ \frac{\text{кгс} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 3{,}5304 \cdot 10^{4}\ \text{Па} \cdot \text{с} = 3{,}5304 \cdot 10^{5}\ \frac{\text{дин} \cdot \text{с}}{\text{см}^2};$$

$$\text{Па} \cdot \text{с} = 1{,}01972 \cdot 10^{-1}\ \frac{\text{кгс} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 2{,}8325 \cdot 10^{-5}\ \frac{\text{кгс} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2} = 10\ \frac{\text{дин} \cdot \text{с}}{\text{см}^2};$$

$$\frac{\text{дин} \cdot \text{с}}{\text{см}^2} = 1{,}01972 \cdot 10^{-2}\ \frac{\text{кгс} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 2{,}8325 \cdot 10^{-6}\ \frac{\text{кгс} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2} = 10^{-1}\ \text{Па} \cdot \text{с}.$$

А.3 Формулы, приведенные в настоящем стандарте, представлены для исходных величин в единицах SI.

Если исходные величины заданы в других единицах, отличных от SI (p', $\Delta p'$, d'_{20}, D'_{20}, μ', q'_m, q'_V, q'_c), то их необходимо перевести в единицы SI (p, Δp, d_{20}, D_{20}, μ, q_m, q_V, q_c) согласно формулам:

- для давления

$$p = k_p\, p'; \qquad \text{(А.2)}$$

- для перепада давления

$$\Delta p = k_{\Delta p}\, \Delta p'; \qquad \text{(А.3)}$$

- для диаметра отверстия СУ при температуре 20 °С

$$d_{20} = k_d\, d'_{20}; \qquad \text{(А.4)}$$

- для внутреннего диаметра ИТ при температуре 20 °С

$$D_{20} = k_D\, D'_{20}; \qquad \text{(А.5)}$$

- для динамической вязкости

$$\mu = k_\mu\, \mu'; \qquad \text{(А.6)}$$

- для массового расхода

$$q_m = k_{qm} \cdot q'_m; \qquad \text{(А.7)}$$

- для объемного расхода в рабочих условиях

$$q_V = k_q \cdot q'_V; \qquad \text{(А.8)}$$

- для объемного расхода, приведенного к стандартным условиям,

$$q_c = k_q \cdot q'_c, \qquad \text{(А.9)}$$

где k_p и $k_{\Delta p}$ — переводные коэффициенты для единиц, соответственно, давления и перепада давления, значения которых приведены в таблице А.1;

k_d — переводной коэффициент для единиц диаметра отверстия СУ при температуре 20 °С. Если значение d'_{20} задано в мм, то k_d = 0,001 м/мм;

k_D — переводной коэффициент для единиц внутреннего диаметра ИТ при температуре 20 °С. Если значение D'_{20} задано в мм, то k_D = 0,001 м/мм;

k_μ — переводной коэффициент для единиц динамической вязкости. Если значение μ' задано в кгс · с/м^2, то k_μ = 9,80665 Па · с/(кгс · с/м^2);

k_{qm} — переводной коэффициент для единиц массового расхода, значения которого приведены в таблице А.2;

k_q — переводной коэффициент для единиц объемного расхода в рабочих условиях и приведенного к стандартным условиям, значения которого представлены в таблице А.3.

Таблица А.1 — Значения переводных коэффициентов для единиц давления и перепада давления

p', $\Delta p'$	p, Δp	Переводные коэффициенты k_p, $k_{\Delta p}$
кПа	Па	10^3 Па/кПа
МПа	Па	10^6 Па/МПа
бар	Па	10^5 Па/бар
кгс/см^2	Па	9,80665 · 10^4 Па/(кгс/см^2)
кгс/м^2	Па	9,80665 · 10^0 Па/(кгс/м^2)
мм рт. ст.	Па	1,3332 · 10^2 Па/(мм рт.ст.)
мм вод. ст.	Па	9,80665 · 10^0 Па/(мм вод.ст.)

Таблица А.2 — Значения переводного коэффициента для единиц массового расхода

q'_m	q_m	Переводной коэффициент k_{qm}
кг/ч	кг/с	1/3600 (кг/с)/(кг/ч)
т/с	кг/с	10^3 (кг/с)/(т/с)
т/ч	кг/с	1/3,6 (кг/с)/(т/ч)

Таблица А.3 — Значения переводного коэффициента для единиц объемного расхода в рабочих условиях и приведенного к стандартным условиям

q'_v, q'_c	q_v, q_c	Переводной коэффициент k_q
м^3/ч	м^3/с	1/3600 (м^3/с)/(м^3/ч)
л/с	м^3/с	10^{-3} (м^3/с)/(л/с)
л/мин	м^3/с	10^{-4}/6 (м^3/с)/(л/мин)

Приложение Б
(обязательное)

Зависимости, используемые при расчете расхода и количества сухой части влажного газа

Массовый расход сухой части влажного газа $q_{c\,rm}$ рассчитывают по формуле

$$q_{c.rm} = q_{в.rm}\left(1-\frac{f}{\rho_{в.г}}\right), \qquad (Б.1)$$

где $q_{в.rm}$ — массовый расход влажного газа;

f — абсолютная влажность газа, выраженная массой водяного пара (в кг) в 1 м^3 влажного газа при рабочих условиях;

$\rho_{в.г}$ — плотность влажного газа при рабочих условиях.

Массовый расход влажного газа рассчитывают по формуле

$$q_{в\,rm} = \frac{\pi}{4} d_{20}^2 K_{су}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \sqrt{2\Delta p \rho_{в.г}}\ . \qquad (Б.2)$$

Формула (Б.1) с учетом формулы (Б.2) имеет вид:

$$q_{c.rm} = \frac{\pi}{4} d_{20}^2 K_{су}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \left(1-\frac{f}{\rho_{в.г}}\right)\sqrt{2\Delta p \rho_{в.г}}\ . \qquad (Б.3)$$

Объемный расход сухой части влажного газа, приведенный к стандартным условиям $q_{c\,гс}$, рассчитывают по одной из следующих формул:

$$q_{c.гс} = q_{в.rm}\left(1-\frac{f}{\rho_{в.г}}\right)\frac{1}{\rho_c}; \qquad (Б.4)$$

$$q_{c.гс} = \frac{\pi}{4} d_{20}^2 K_{су}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \left(1-\frac{f}{\rho_{в.г}}\right)\frac{1}{\rho_c}\sqrt{2\Delta p \rho_{в.г}}\ . \qquad (Б.5)$$

Плотность влажного газа $\rho_{в.г}$ рассчитывают в соответствии с действующими нормативными документами [см. ГОСТ 8.586.1 (пункт 5.4.1)], регламентирующими методы вычисления плотности газа с учетом содержания в нем водяных паров.

Плотность влажных газов, для которых отсутствуют методы, аттестованные в качестве стандартных справочных данных, допускается рассчитывать по формуле

$$\rho_{в.г} = \rho_{с.г} + \varphi \rho_{в.п\,max}. \qquad (Б.6)$$

Плотность сухой части влажного газа $\rho_{с.г}$ рассчитывают по формуле

$$\rho_{с.г} = \rho_c \frac{T_c(p-\varphi p_{в.п\,max})}{p_c T K}. \qquad (Б.7)$$

В формуле (Б.7) коэффициент сжимаемости K рассчитывают без учета влажности газа.

Если рабочая температура T газа не превышает температуру насыщения водяного пара $T_{нас}$, соответствующую рабочему давлению p, то плотность $\rho_{в.п\,max}$ принимают равной плотности насыщенного водяного пара $\rho_{н.п}$, а давление $p_{в.п\,max}$ — давлению насыщенного пара.

Если рабочая температура T превышает температуру насыщения водяного пара $T_{нас}$, соответствующую рабочему давлению p, то плотность $\rho_{в.п\,max}$ принимают равной плотности перегретого водяного пара ρ, а давление $p_{в.п\,max}$ — давлению газа p.

Относительную влажность газа рассчитывают по формулам:

- при известной абсолютной влажности f_m, выраженной массой водяного пара (в кг) в 1 м^3 сухого газа,

$$\varphi = \frac{pf_m}{p_{н.п}\left(f_m + 0{,}7496\dfrac{K}{\rho_c}\right)}; \qquad (Б.8)$$

- при известной абсолютной влажности f_c, выраженной массой водяного пара (в кг) в 1 м^3 сухого газа в нормальных условиях,

$$\varphi = \frac{pf_c}{p_{н.п}(f_c + 0{,}7496K)}; \qquad (Б.9)$$

- при известной абсолютной влажности f, выраженной массой водяного пара (в кг) в 1 м^3 влажного газа,

$$\varphi = \frac{f}{\rho_{в.п\,max}}. \qquad (Б\ 10)$$

Значения C и $K_ш$ в формулах (Б.2),(Б.3) и (Б.5) рассчитывают для числа Рейнольдса, вычисленного для влажного газа, по формуле

$$Re = \frac{4}{\pi}\frac{q_{в.г\,m}}{D\mu_{в.г}}, \qquad (Б.11)$$

где $\mu_{в.г}$ — динамическая вязкость влажного газа.

Значение динамической вязкости и показателя адиабаты влажного газа допускается определять без учета влажности газа.

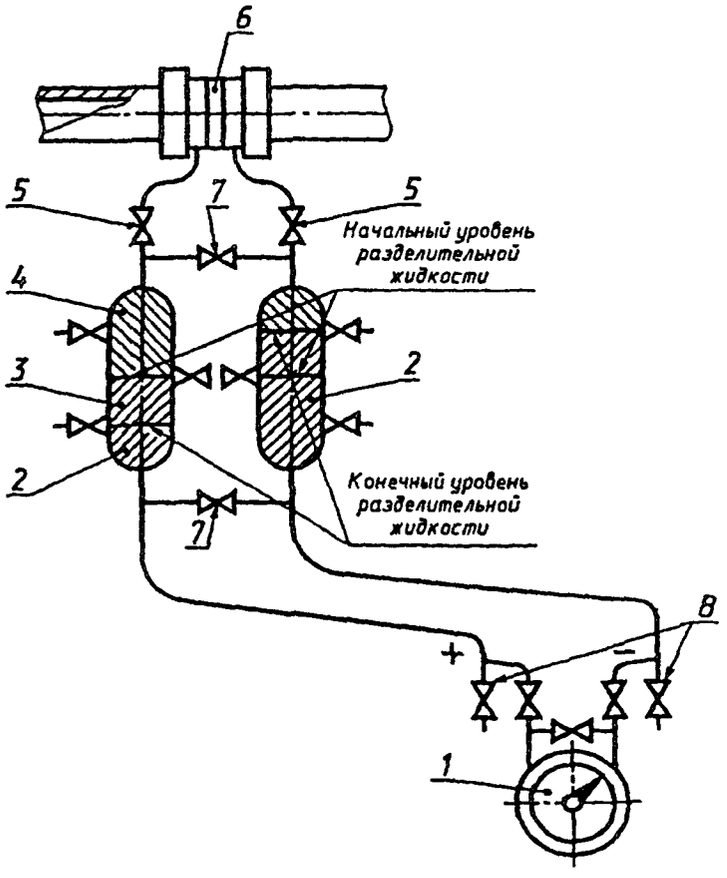
Приложение В
(справочное)

Схемы установок разделительных сосудов

В.1 Схемы установок разделительных сосудов при верхнем и нижнем присоединении трубок

В.1.1 Схемы установок разделительных сосудов при измерении расхода жидкости, которая легче разделительной, приведены на рисунках В.1 и В.2.

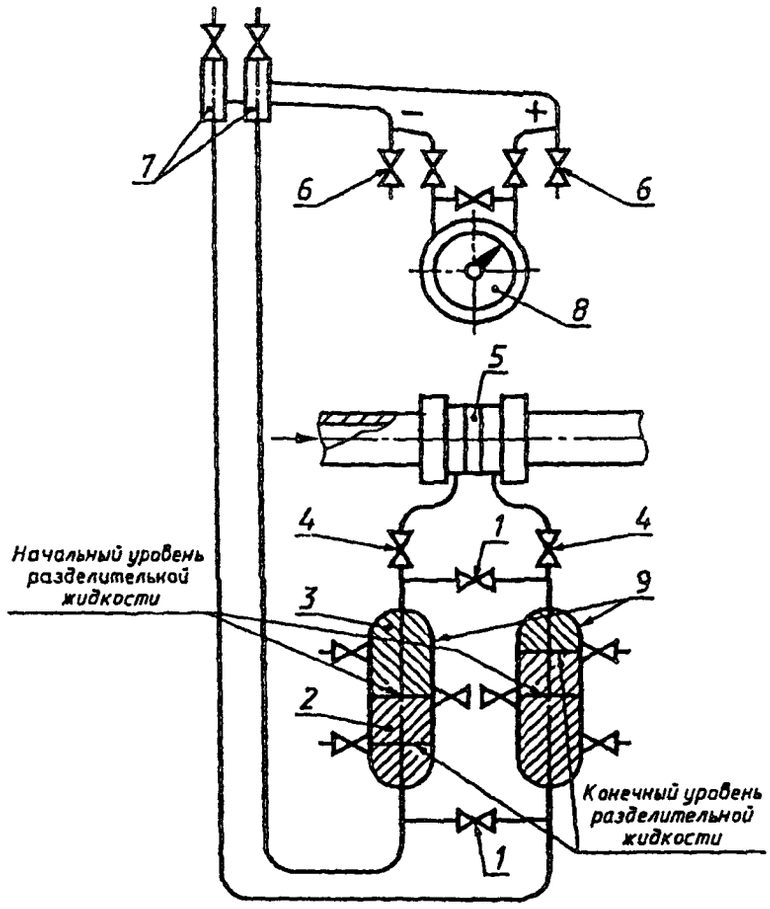
а) ППД расположен ниже СУ



1 — ППД; *2* — разделительный сосуд; *3* — разделительная жидкость; *4* — измеряемая жидкость; *5*—кран, *6* — СУ; *7* — уравнительный вентиль; *8* — продувочный вентиль

Рисунок В.1

б) ПГД расположен выше СУ

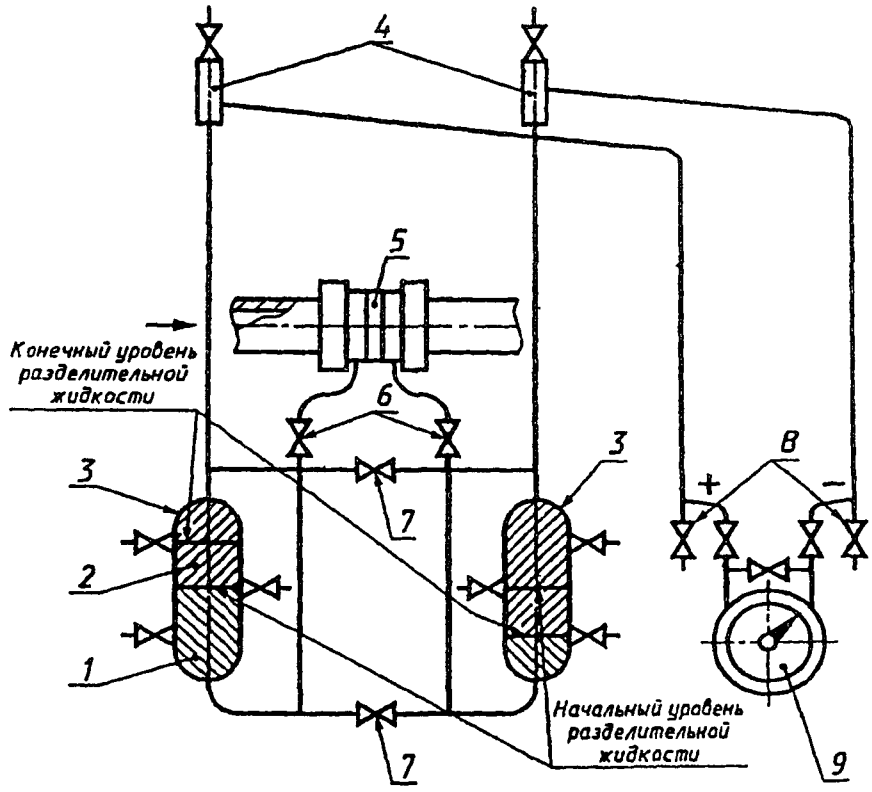


1 — уравнительный вентиль; *2* — разделительная жидкость; *3* — измеряемая жидкость; *4* — кран; *5* — СУ; *6* — продувочный вентиль; *7* — газосборник; *8* — ПГД; *9* — разделительный сосуд

Рисунок В.2

В.1.2 Схемы установок разделительных сосудов при измерении расхода жидкости, которая тяжелее разделительной, приведены на рисунках В.3 и В.4.

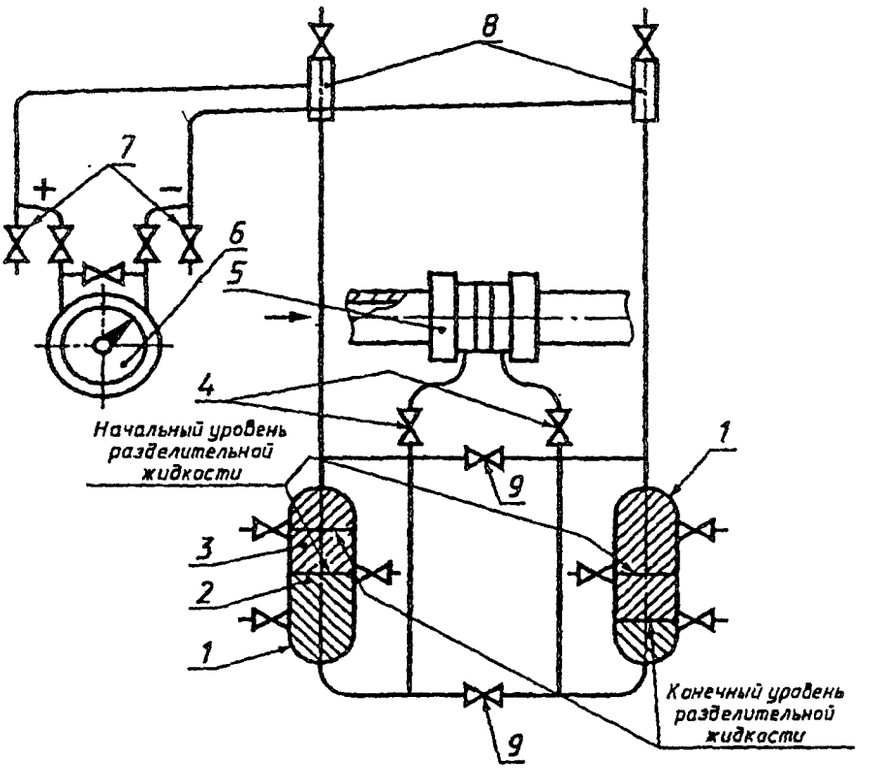
а) ППД расположен ниже СУ



1 — измеряемая жидкость; *2* — разделительная жидкость; *3* — разделительный сосуд; *4* — газосборник, *5* — СУ, *6* — кран; *7* — уравнительный вентиль; *8* — продувочный вентиль; *9* — ППД

Рисунок В.3

б) ППД расположен выше СУ

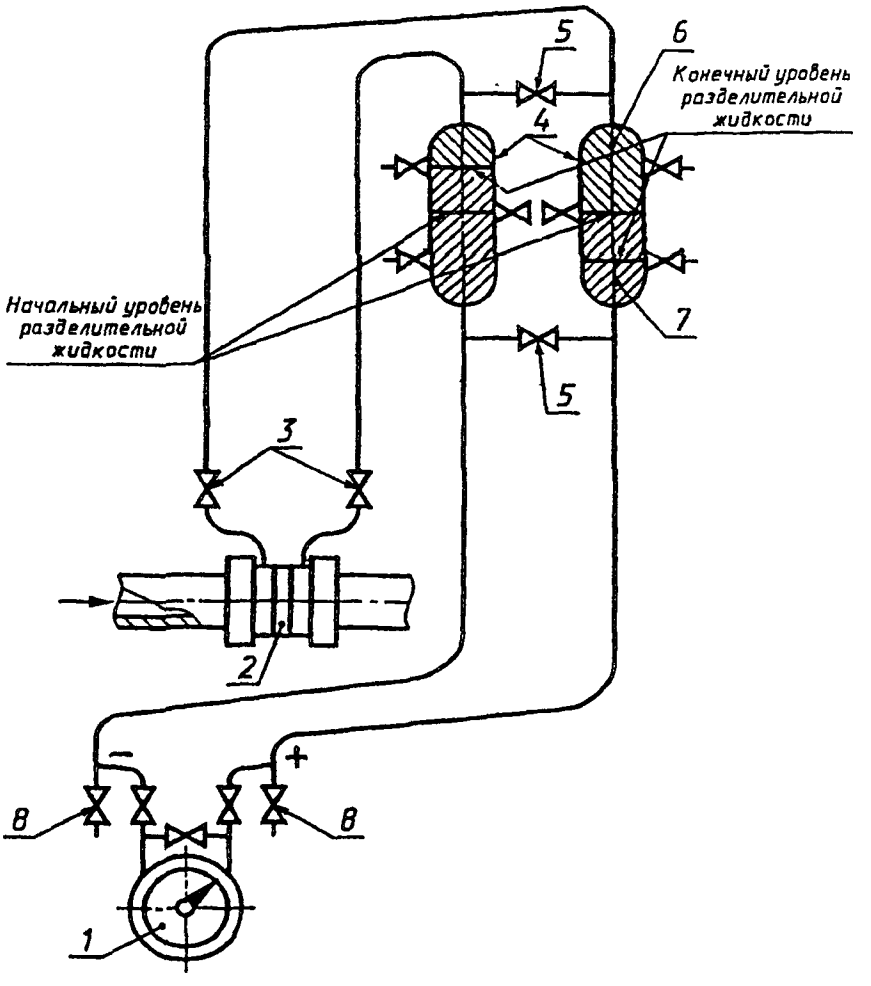


1 — разделительный сосуд; 2 — измеряемая жидкость; 3 — разделительная жидкость; 4 — кран; 5 — СУ; 6 — ППД; 7— продувочный вентиль; 8 — газосборник; 9 — уравнительный вентиль

Рисунок В.4

В.1 3 Схемы установок разделительных сосудов при измерении расхода газа приведены на рисунках В 5 и В.6.

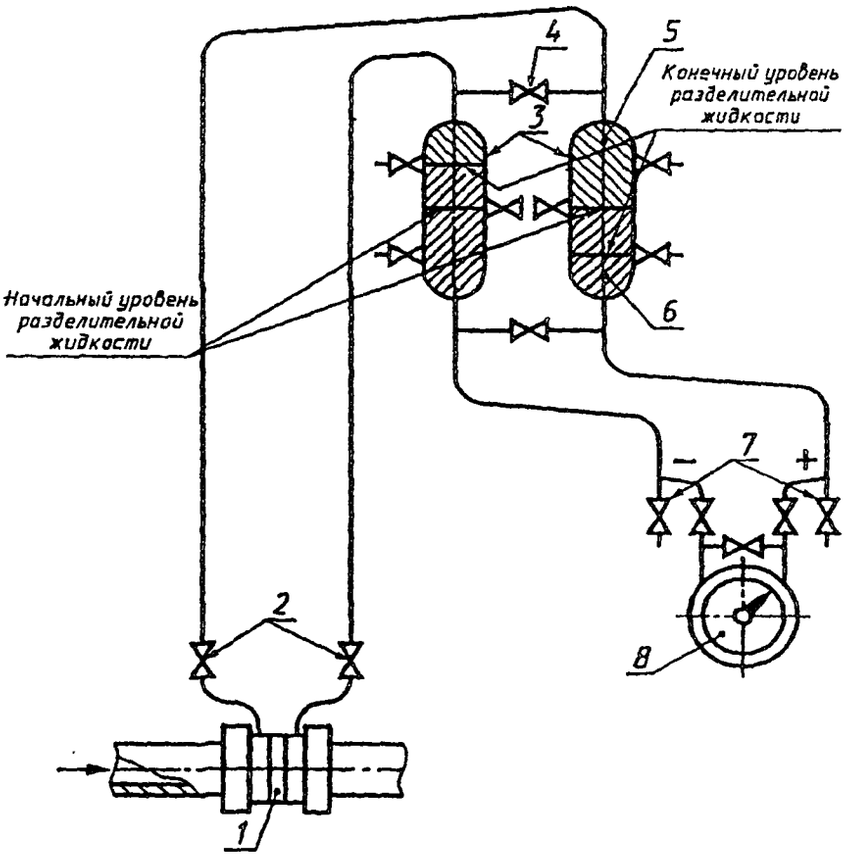
а) ППД расположен ниже СУ



1 — ППД; *2* — СУ; *3* — кран; *4* — разделительный сосуд; *5* — уравнительный вентиль; *6* — измеряемый газ; *7* — разделительная жидкость; *8* — продувочный вентиль

Рисунок В.5

б) ППД расположен выше СУ



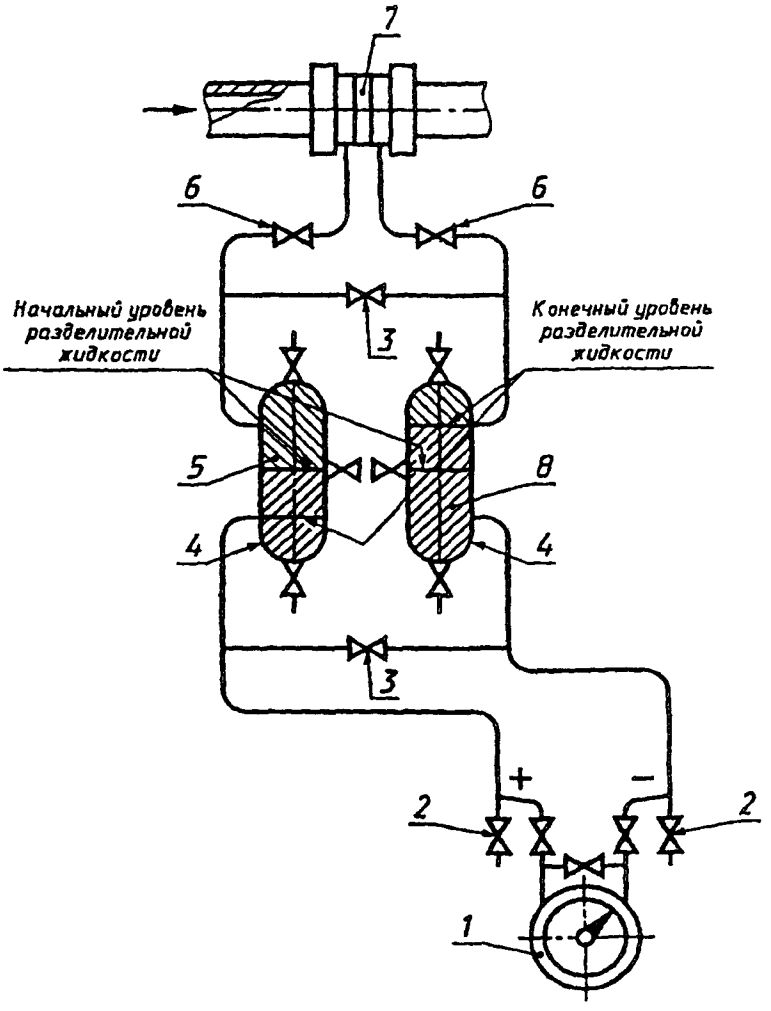
1 — СУ; *2* — кран СУ; *3* — разделительный сосуд; *4* — уравнительный вентиль; *5* — измеряемый газ; *6* — разделительная жидкость; *7* — продувочный вентиль; *8* — ППД

Рисунок В.6

В.2 Схемы установок разделительных сосудов при боковом присоединении трубок

В.2.1 Схемы установок разделительных сосудов при измерении расхода жидкости, которая легче разделительной, приведены на рисунках В.7 и В.8.

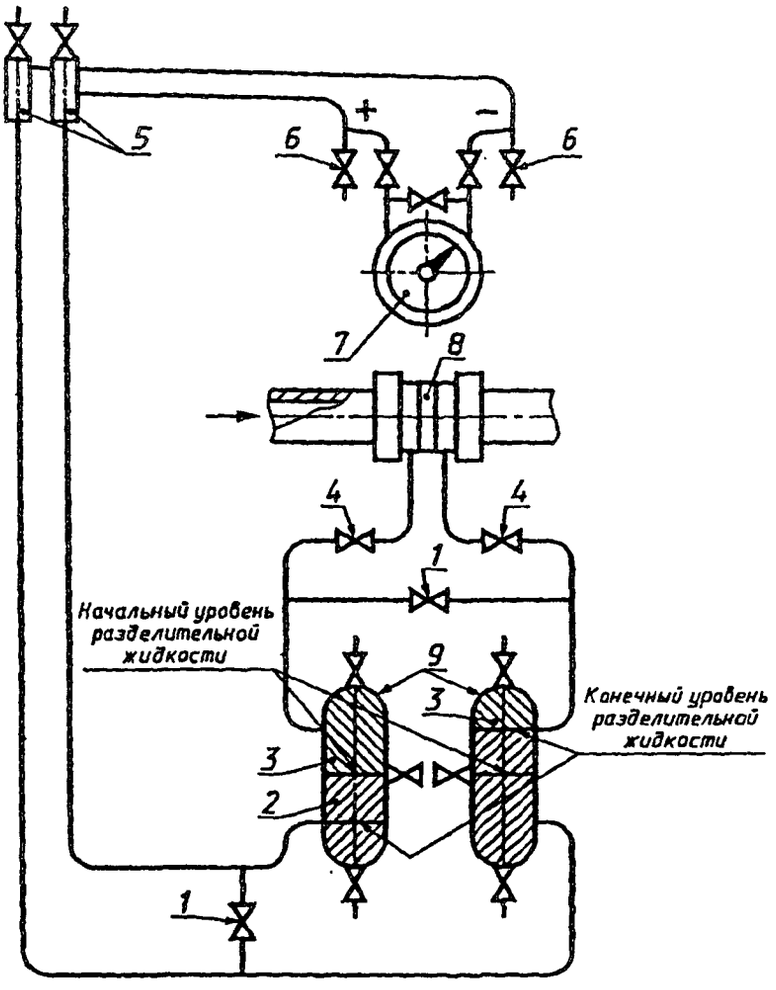
а) ППД расположен ниже СУ



1 — ППД; *2* — продувочный вентиль; *3* — уравнительный вентиль; *4* — разделительный сосуд; *5* — измеряемая жидкость; *6* — кран; *7* — СУ; *8* — разделительная жидкость

Рисунок В.7

б) ППД расположен выше СУ

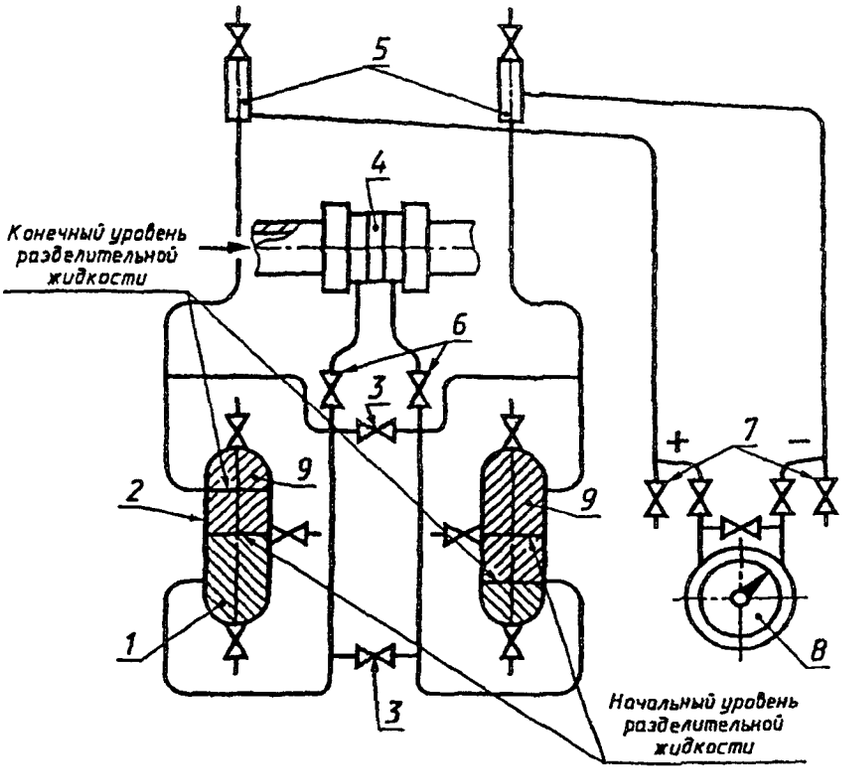


1 — уравнительный вентиль; *2* — разделительная жидкость; *3* — измеряемая жидкость; *4* — кран; *5* — газосборник; *6* — продувочный вентиль; *7* — ППД; *8* — СУ; *9* — разделительный сосуд

Рисунок В.8

В.2.2 Схемы установок разделительных сосудов при измерении расхода жидкости, которая тяжелее разделительной, приведены на рисунках В.9 и В.10.

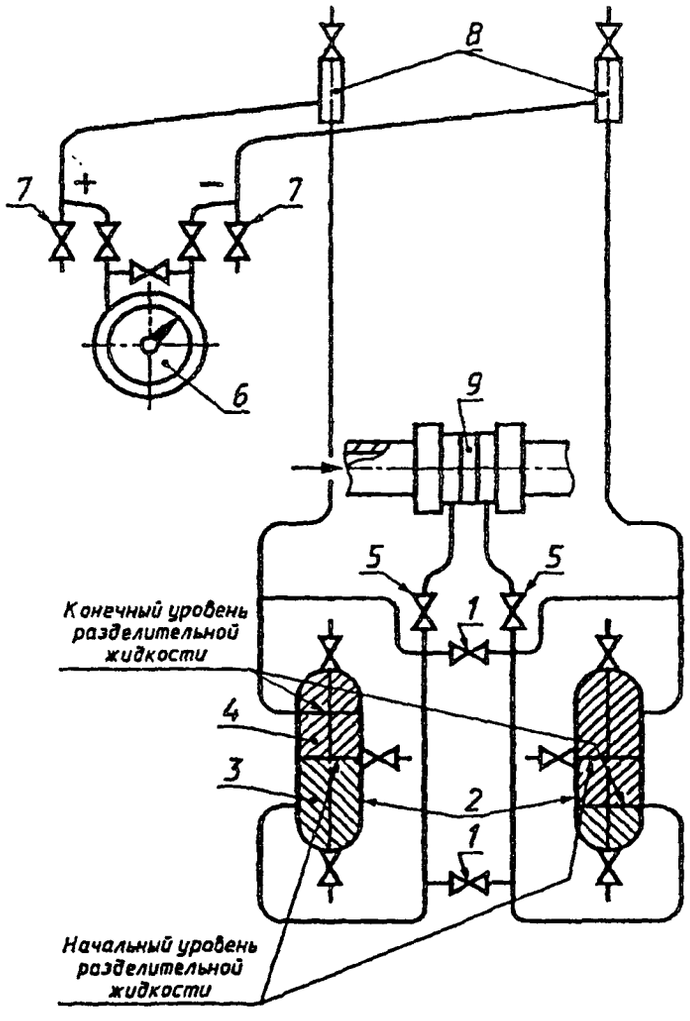
а) ППД расположен ниже СУ



1 — измеряемая жидкость; *2* — разделительный сосуд; *3* — уравнительный вентиль; *4* — СУ; *5* — газосборник; *6* — кран; *7* — продувочный вентиль; *8* — ППД; *9* — разделительная жидкость

Рисунок В.9

б) ППД расположен выше СУ

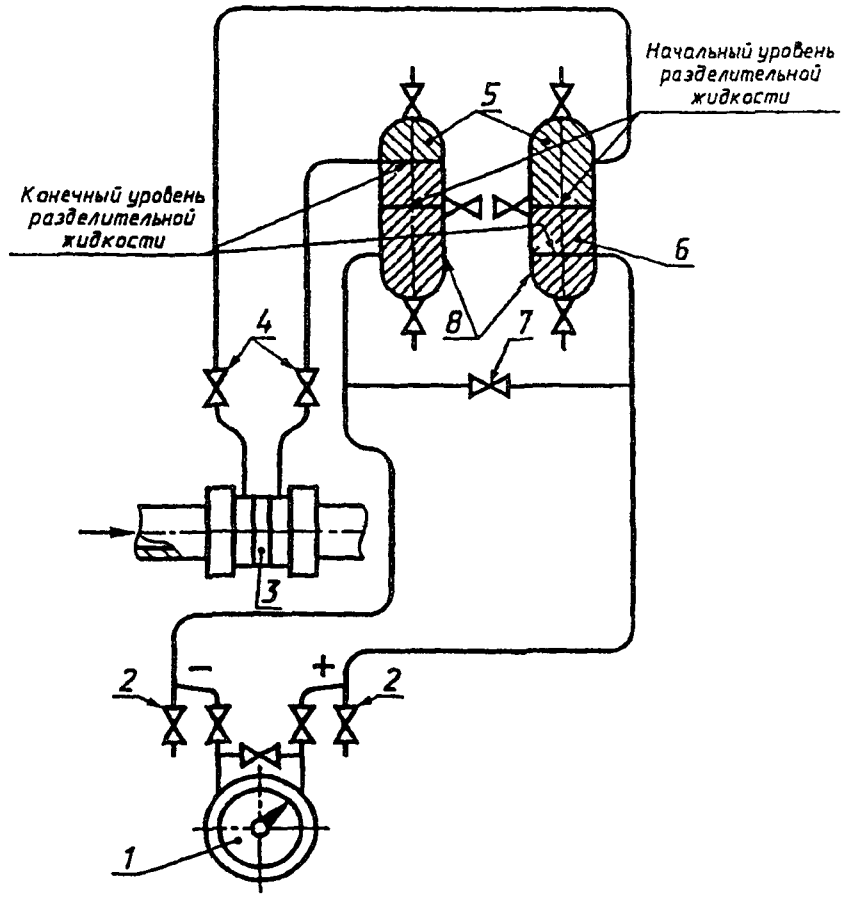


1 — уравнительный вентиль; *2* — разделительный сосуд; *3* — измеряемая жидкость; *4* — разделительная жидкость; *5* — кран; *6* — ППД; *7* — продувочный вентиль; *8* — газосборник; *9* — СУ

Рисунок В.10

В.2.3 Схемы установок разделительных сосудов при измерении расхода газа приведены на рисунках В.11 и В.12.

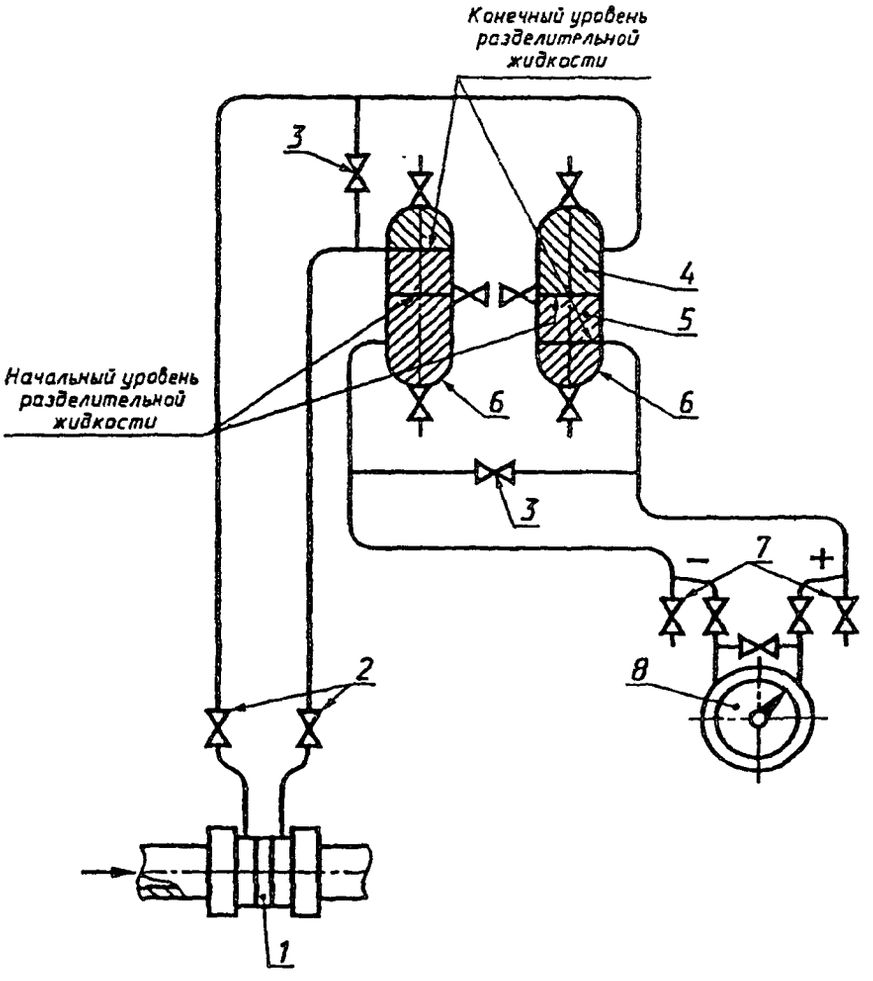
а) ППД расположен ниже СУ



1 — ППД; *2* — продувочный вентиль; *3* — СУ; *4* — кран; *5* — измеряемый газ; *6* — разделительная жидкость; *7* — уравнительный вентиль; *8* — разделительный сосуд

Рисунок В.11

б) ППД расположен выше СУ



1 — СУ; *2* — кран; *3* — уравнительный вентиль; *4* — измеряемый газ; *5* — разделительная жидкость; *6* — разделительный сосуд; *7* — продувочный вентиль; *8* — ППД

Рисунок В.12

Приложение Г
(справочное)

Схемы присоединения измерительного преобразователя перепада давления или дифманометра

Чистый сухой газ

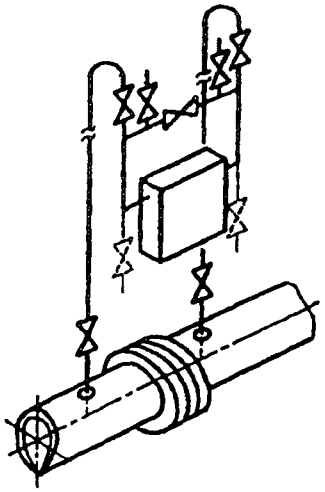


Рисунок Г.1 — ППД над трубопроводом

Чистый сухой газ

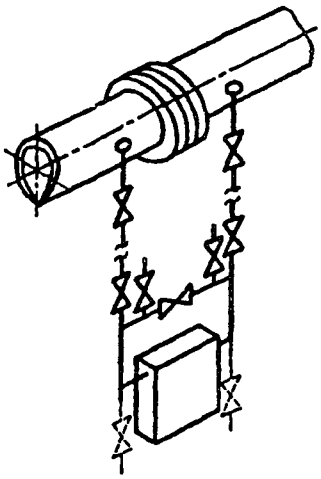


Рисунок Г.2 — ППД под трубопроводом

Чистый сухой газ

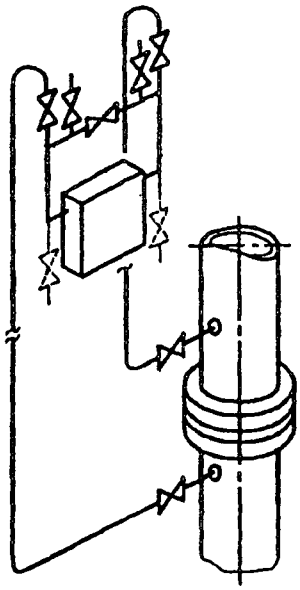


Рисунок Г.3 — ППД выше отверстий для отбора давления. Вертикальный трубопровод

Чистый сухой газ

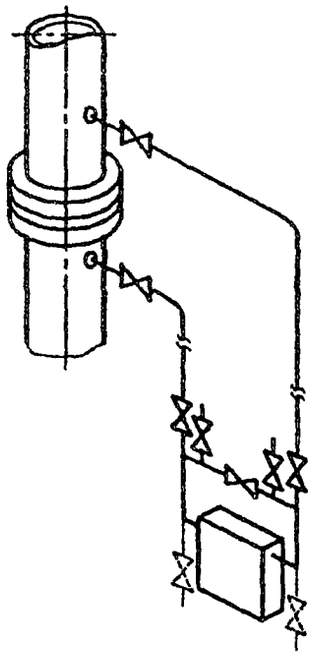


Рисунок Г.4 — ППД ниже отверстий для отбора давления. Вертикальный трубопровод

Водяной пар и конденсирующийся газ

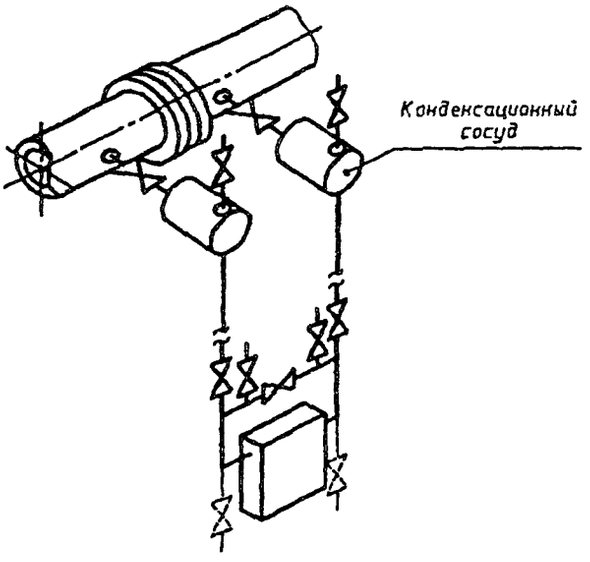


Рисунок Г.5 — ППД под трубопроводом

Водяной пар и конденсирующийся газ

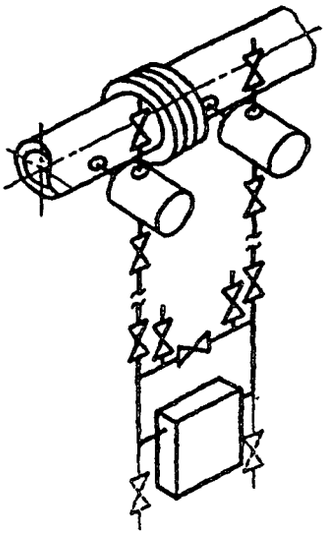
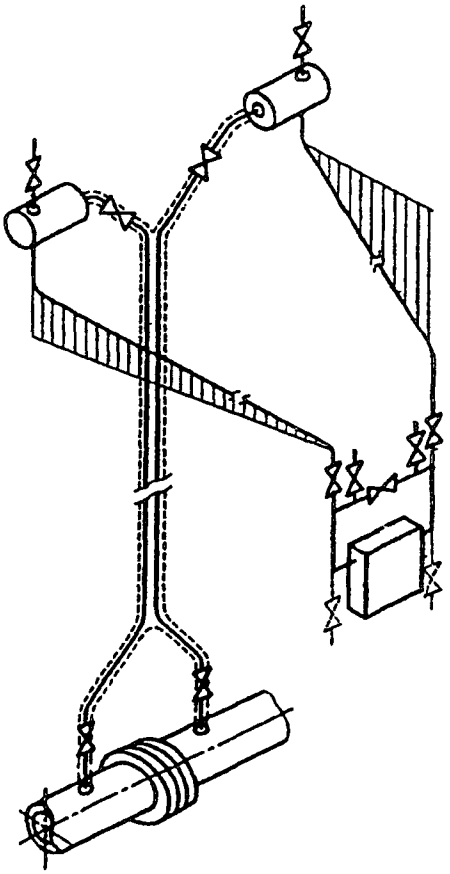


Рисунок Г.6 — ППД под трубопроводом (вариант)

Конденсирующийся газ



Примечание — Наклон двух соединительных трубок одинаков.

Рисунок Г.7 — ППД над трубопроводом

Конденсирующийся газ

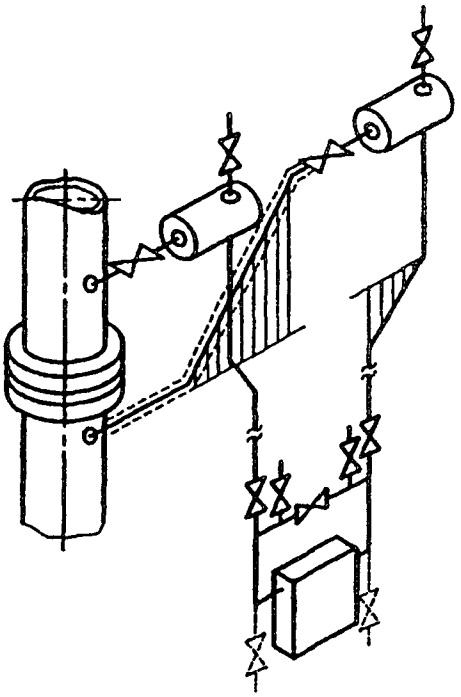


Рисунок Г.8 — ППД ниже отверстий для отбора давления. Вертикальный трубопровод

Чистый влажный газ

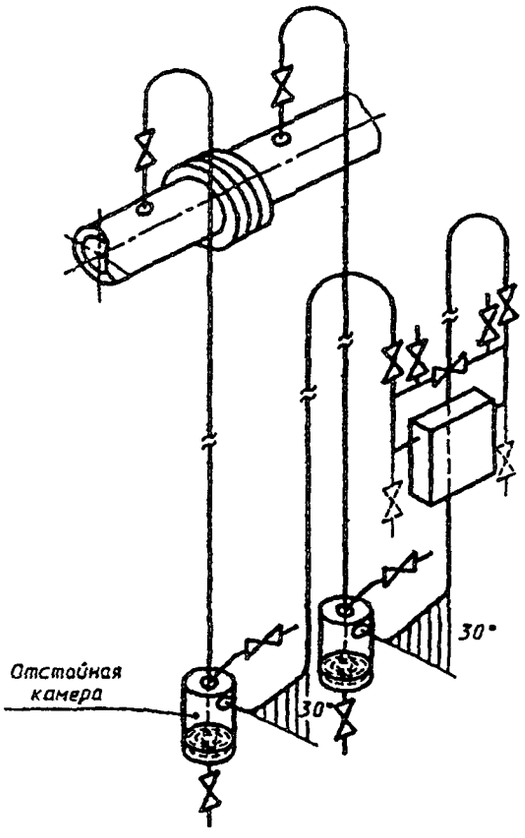


Рисунок Г.9 — ППД под трубопроводом

Чистый влажный газ

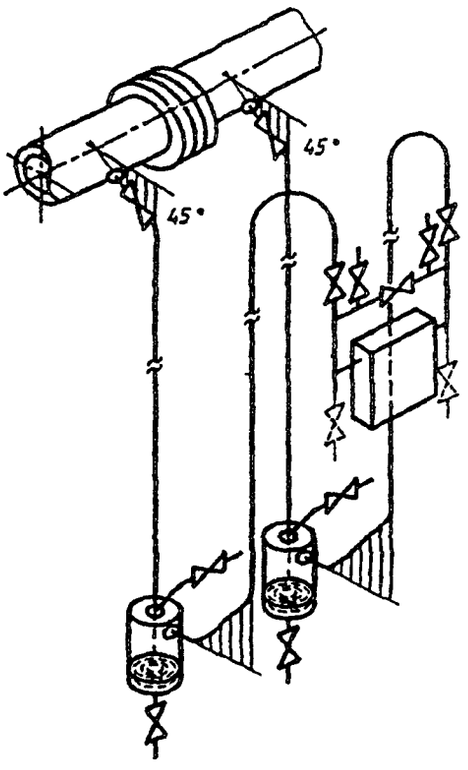


Рисунок Г.10 — ППД под трубопроводом (вариант)

Чистый влажный газ

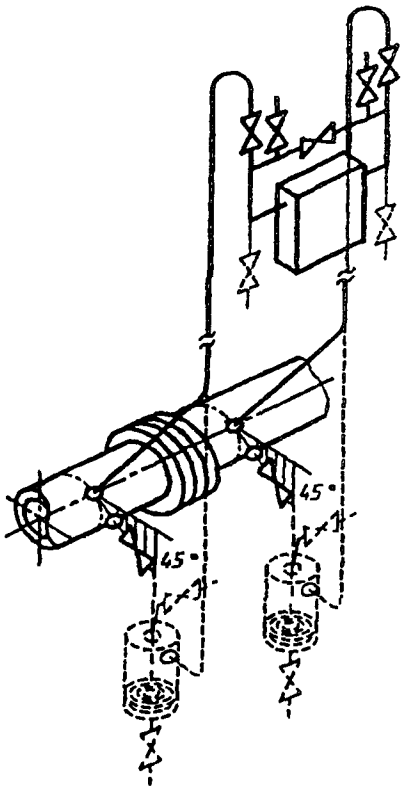
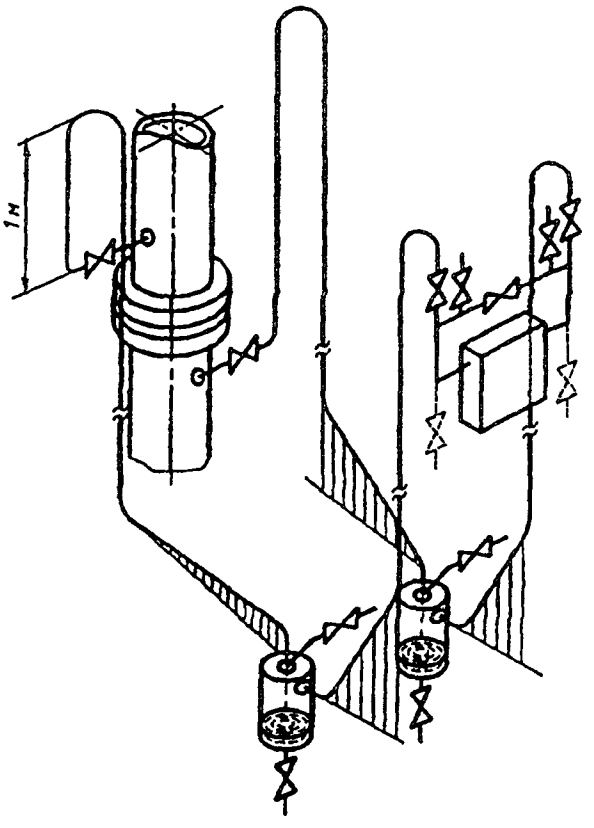


Рисунок Г.11 — ППД над трубопроводом (два варианта)

Чистый влажный газ



Примечания

1 Наклон двух соединительных трубок одинаков.

2 При измерении потока чистого влажного газа в вертикальных трубопроводах следует принимать во внимание опасность засорения отверстий для отбора давления.

Рисунок Г.12 — ППД ниже отверстий для отбора давления. Вертикальный трубопровод

Чистый влажный газ

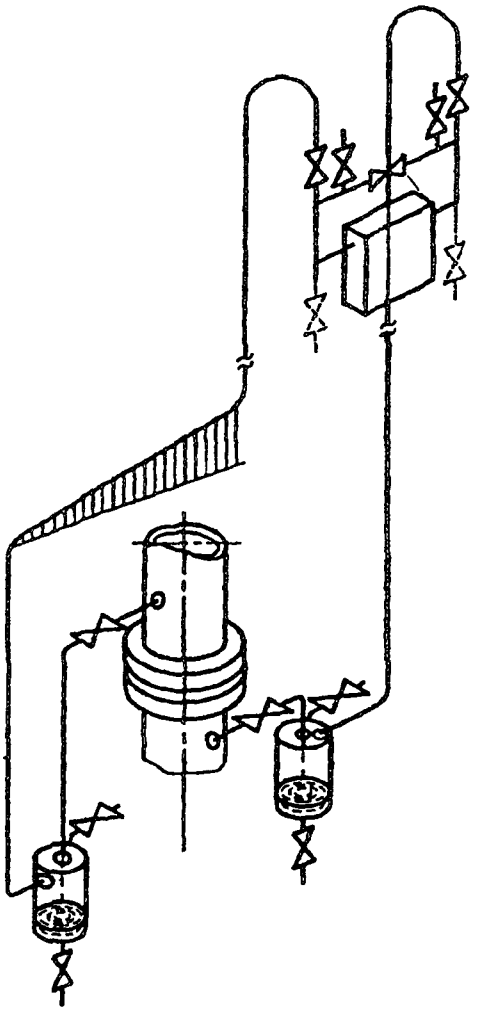
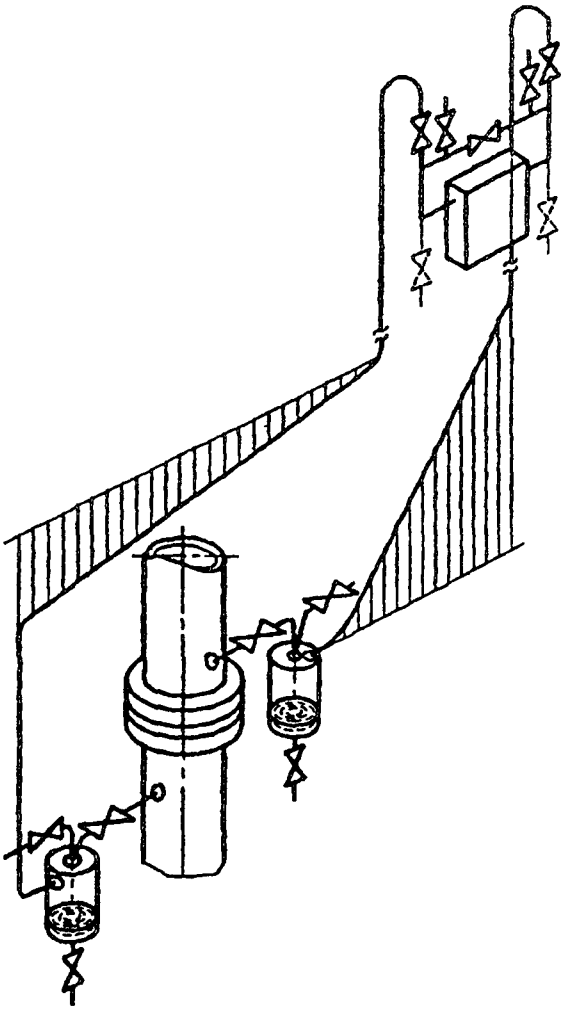


Рисунок Г.13 — ППД выше отверстий для отбора давления. Вертикальный трубопровод (вариант)

Чистый влажный газ



Примечание — Наклон двух соединительных трубок одинаков.

Рисунок Г.14 — ППД выше отверстий для отбора давления. Вертикальный трубопровод (вариант)

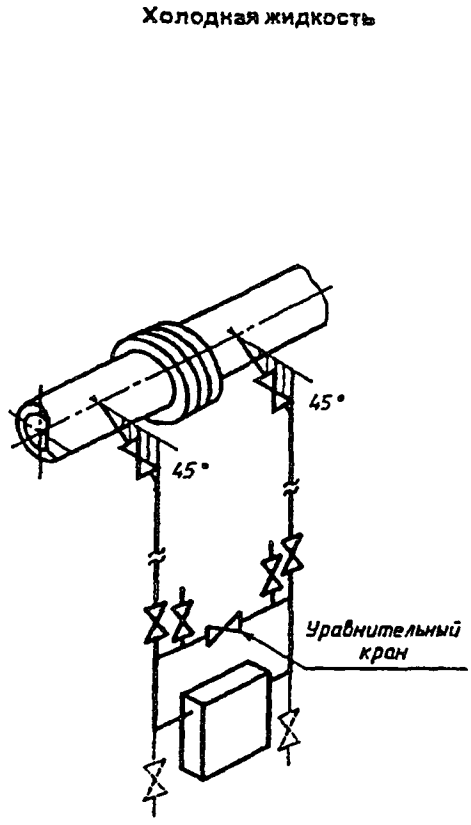


Рисунок Г.15 — ППД под трубопроводом

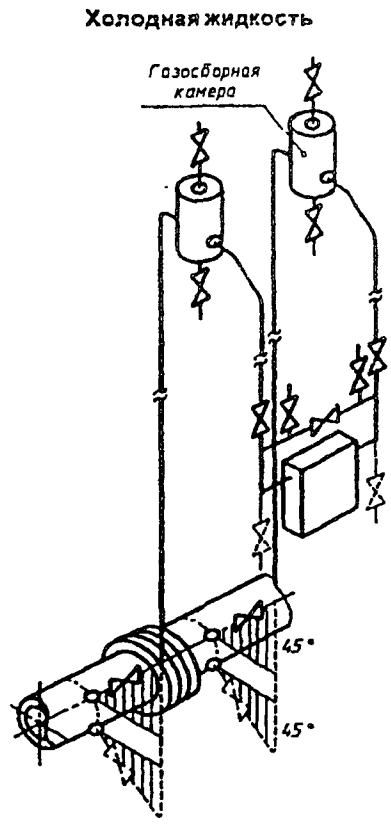


Рисунок Г.16 — ППД над трубопроводом

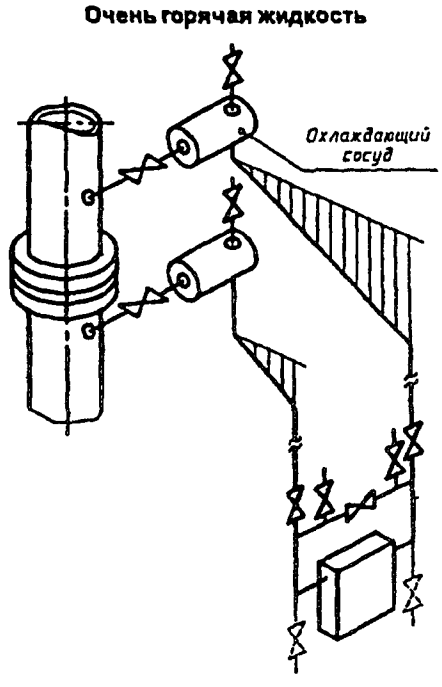
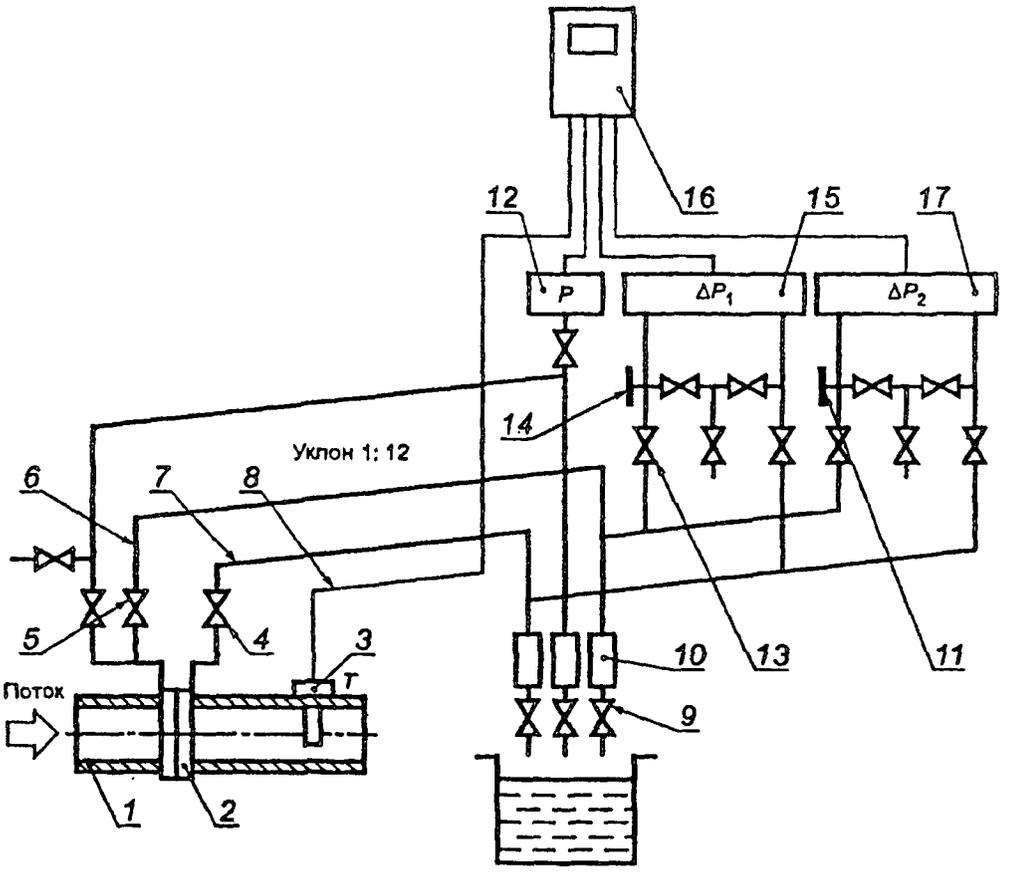


Рисунок Г.17 — Вертикальный трубопровод



1 — измерительный трубопровод; *2* — СУ; *3* — датчик температуры; *4, 5* — отсечные вентили; *6, 7* — соединительные линии; *8* — кабель для соединения датчика температуры с вычислителем; *9* — дренажные вентили; *10* — конденсатосборники; *11* — заглушка; *12* — датчик давления; *13* — вентильный блок; *14* — штуцер со съемной резьбой; *15* — основной дифманометр; *16* — вычислитель; *17* — дополнительный дифманометр

Рисунок Г.18 — Пример подключения двух дифманометров

Приложение Д
(справочное)

Примеры расчета расхода и количества среды

Д.1 Пример расчета расхода природного газа для диафрагмы с угловым способом отбора давления

Исходные данные, расчет значений промежуточных величин и расчет расхода природного газа приведены в таблицах Д.1.1 — Д.1.3.

Таблица Д.1.1 — Исходные данные

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Значение
1 Диаметр отверстия диафрагмы при температуре 20 °С	d_{20}	м	0,084
2 Внутренний диаметр ИТ при температуре 20 °С	D_{20}	м	0,15
3 Среднее арифметическое отклонение профиля шероховатости ИТ (новая, бесшовная, холоднотянутая)	Ra	м	0,00001
4 Материал, из которого изготовлена диафрагма	сталь марки 12Х18Н9Т		
5 Материал, из которого изготовлен ИТ	сталь марки 20		
6 Начальный радиус входной кромки диафрагмы	$r_н$	м	0,00004
7 Текущее время $\tau_т$ эксплуатации диафрагмы с момента определения значения начального радиуса входной кромки диафрагмы	$\tau_т$	год	0,495
8 Содержание углекислого газа в природном газе	$X_у$	1	0,002
9 Содержание азота в природном газе	$X_а$	1	0,01
10 Плотность природного газа при стандартных условиях	$\rho_с$	кг/м^3	0,68
11 Относительная влажность природного газа	φ	%	0
12 Перепад давления на диафрагме	Δp	Па	16000
13 Избыточное давление	$p_и$	Па	1200000
14 Атмосферное давление	$p_а$	Па	100500
15 Температура природного газа	t	°С	2

Таблица Д.1.2 — Расчет значений промежуточных величин

Рассчитываемые величины	Условное обозначение	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
1 Коэффициент, учитывающий изменение диаметра отверстия диафрагмы, вызванное отклонением температуры природного газа от 20 °С	K_{cy}	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.6)]	0,999719
2 Диаметр отверстия диафрагмы при рабочей температуре	d	м	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)]	0,0839764
3 Коэффициент, учитывающий изменение диаметра ИТ, вызванное отклонением температуры природного газа от 20 °С	K_T	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.7)]	0,999800
4 Внутренний диаметр ИТ при рабочей температуре природного газа	D	м	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)]	0,149970
5 Относительный диаметр отверстия диафрагмы	β	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.1)]	0,559955
6 Коэффициент скорости входа	E	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.6)]	1,05311
7 Поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы	$K_п$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.13)]	1,00309
8 Абсолютное давление природного газа перед диафрагмой	p	Па	ГОСТ 8.586.5 [формула (6.2)]	1300500
9 Термодинамическая температура природного газа	T	К	ГОСТ 8.586.5 [формула (6.3)]	275,15
10 Фактор сжимаемости природного газа при стандартных условиях	Z_c	—	ГОСТ 30319.1 [формула (24)]	0,998095
11 Фактор сжимаемости природного газа при рабочих условиях	Z	—	ГОСТ 30319.2 [формула (6)]	0,969849
12 Коэффициент сжимаемости природного газа	K	—	ГОСТ30319.1 [формула (7)]	0,971700
13 Плотность природного газа	ρ	кг/м^3	ГОСТ 30319.1 [формула (6)]	9,56954
14 Динамическая вязкость природного газа	μ	Па·с	ГОСТ 30319.1 [формулы (44) и (45)]	$1,04961 \cdot 10^{-5}$
15 Показатель адиабаты природного газа	κ	—	ГОСТ 30319.1 [формула (28)]	1,31174
16 Коэффициент расширения	ε	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)]	0,996382

Таблица Д.1.3 — Расчет расхода среды

Наименование величины	Условное обозначение	Единицы величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
1 Начальное значение числа Рейнольдса	Re_1	—	—	10^6
2 Коэффициент истечения	C_1	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,605035
3 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш1}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,00000
4 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса $Re = 10^6$	q_{c1}	м³/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	2,87036
5 Уточненное значение числа Рейнольдса	Re_2	—	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.11)]	1578785
6 Коэффициент истечения	C_2	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,604615
7 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш2}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,00000
8 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса Re_2	q_{c2}	м³/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	2,86837
9 Относительное отклонение	$100 \cdot \lvert q_{c2} - q_{c1} \rvert / q_{c2}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,0693774
10 Уточненное значение числа Рейнольдса	Re_3	—	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.11)]	1577691
11 Коэффициент истечения	C_3	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,604616
12 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш3}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,00000
13 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса Re_3	q_{c3}	м³/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	2,86837
14 Относительное отклонение	$100 \cdot \lvert q_{c3} - q_{c2} \rvert / q_{c3}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,000
15 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при стандартных условиях	q_c	м³/с	—	2,86837

Д.2 Пример расчета расхода перегретого пара для сопла ИСА 1932

Исходные данные, расчет значений промежуточных величин и расчет расхода перегретого пара приведены в таблицах Д.2.1 — Д.2.3.

Таблица Д.2.1 — Исходные данные

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Значение
1 Диаметр горловины сопла ИСА 1932 при температуре 20 °С	d_{20}	м	0,069789
2 Внутренний диаметр ИТ на входе в сопло ИСА 1932 при температуре 20 °С	D_{20}	м	0,1003
3 Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности прямого участка ИТ (для новой трубы из стали)	$R_ш$	м	0,0001
4 Материал	Сталь марки 12Х18Н10Т		
5 Материал трубопровода	Сталь марки 12Х18Н9Т		
6 Перепад давления на сопле ИСА 1932	Δp	кПа	16
7 Избыточное давление	$p_и$	МПа	2,5
8 Атмосферное давление	$p_а$	гПа	1005
9 Температура перегретого пара	t	°С	380

Таблица Д.2.2 — Расчет значений промежуточных величин

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
1 Коэффициент, учитывающий изменение диаметра горловины сопла ИСА 1932, вызванное отклонением температуры перегретого пара от 20 °С	$K_{CУ}$	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.6)]	1,00673
2 Диаметр горловины сопла ИСА 1932 при рабочей температуре	D	м	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)]	0,070259
3 Коэффициент, учитывающий изменение диаметра ИТ, вызванное отклонением температуры перегретого пара от 20 °С	K_T	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.7)]	1,00709
4 Внутренний диаметр ИТ на входе в сопло ИСА 1932 при рабочей температуре	D	м	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)]	0,101011
5 Относительный диаметр горловины сопла ИСА 1932	β	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.1)]	0,69556
6 Коэффициент скорости входа	E	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.6)]	1,14263
7 Абсолютное давление перегретого пара перед соплом ИСА 1932	p	Па	ГОСТ 8.586.5 [формулы (6.2), (А.2)]	2600500
8 Термодинамическая температура перегретого пара	T	К	ГОСТ 8.586.5 [формула (6.3)]	653,15
9 Плотность перегретого пара	ρ	кг/м^3	ГССССД 188—99 [3]	8,982
10 Динамическая вязкость перегретого пара	μ	Па · с	ГССССД 6—89 [6]	$23,5 \cdot 10^{-6}$
11 Показатель адиабаты перегретого пара	κ	—	[7]	1,29
12 Коэффициент расширения	ε	—	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.2)]	0,99497
13 Среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости ИТ (новая, бесшовная горячей вытяжки)	Ra	м	ГОСТ 8.586.1 (пункты 3.4.2 и 3.4.3)	$3,183 \cdot 10^{-5}$

Таблица Д.2.3 — Расчет расхода перегретого пара

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
1 Начальное значение числа Рейнольдса	Re_1	—	—	10^5
2 Коэффициент истечения	C_1	—	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.1)]	0,93887
3 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш1}$	—	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.3)]	1,00464
4 Массовый расход перегретого пара при числе Рейнольдса $Re = 10^5$	q_{m1}	кг/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.2)]	2,22888
5 Уточненное значение числа Рейнольдса	Re_2	—	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.9)]	$1,19553 \cdot 10^5$
6 Коэффициент истечения	C_2	—	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.1)]	0,93888
7 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш2}$	—	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.3)]	1,00464
8 Массовый расход перегретого пара при числе Рейнольдса Re_2	q_{m2}	кг/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.2)]	2,22891
9 Относительное отклонение	$100\dfrac{\lvert q_{m2} - q_{m1}\rvert}{q_{m2}}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,001
10 Уточненное значение числа Рейнольдса	Re_3	—	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.9)]	$1,19554 \cdot 10^5$
11 Коэффициент истечения	C_3	—	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.1)]	0,93888
12 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш3}$	—	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.3)]	1,00464
13 Массовый расход перегретого пара при числе Рейнольдса Re_3	q_{m3}	кг/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.2)]	2,22891
14 Относительное отклонение	$100\dfrac{\lvert q_{m3} - q_{m2}\rvert}{q_{m3}}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,000
15 Массовый расход перегретого пара	q_m	кг/с	—	2,22891

Д.3 Пример расчета количества природного газа для диафрагмы с угловым способом отбора давления

Исходные данные, расчет значений промежуточных величин и расчет расхода природного газа приведены в таблицах Д.3.1 — Д.3.3.

Таблица Д.3.1 — Исходные данные

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Значение
1 Диаметр отверстия диафрагмы при температуре 20 °С	d_{20}	мм	36
2 Внутренний диаметр ИТ на входе в диафрагму при температуре 20 °С	D_{20}	мм	50
3 Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности прямого участка ИТ (слегка ржавая)	$R_ш$	мм	0,15
4 Материал, из которого изготовлена диафрагма	Сталь марки 12Х18Н9Т		
5 Материал, из которого изготовлен ИТ	Сталь марки 20		
6 Начальный радиус входной кромки диафрагмы	$r_н$	мм	0,04
7 Межконтрольный интервал СУ	$\tau_у$	год	0,5
8 Содержание углекислого газа в природном газе	$x_у$	1	0,002
9 Содержание азота в природном газе	$x_в$	1	0,01
10 Плотность природного газа при стандартных условиях	$\rho_с$	кг/м^3	0,68
11 Относительная влажность природного газа	φ	%	0
12 Верхний предел измерений перепада давления	$\Delta p_в$	кгс/см^2	0,1
13 Функция преобразования комплекта приборов для измерений перепада давления	Линейная		
14 Верхний предел измерений избыточного давления	$p_{ив}$	кгс/см^2	2
15 Верхний предел показания корневого планиметра	$N_{к.в}$	—	5
16 Верхний предел показания пропорционального планиметра	$N_{п.в}$	—	12
17 Период времени определения количества природного газа	$\tau = \tau_к - \tau_н$	ч	24
18 Показания корневого планиметра после обработки записи перепада давления на диафрагме	$N_к$	—	2
19 Показания пропорционального планиметра после обработки записи избыточного давления природного газа	$N_п$	—	3
20 Атмосферное давление	$p_а$	мм рт. ст.	725
21 Среднее значение температуры природного газа (по термометру в среднем за сутки)	$\bar{t}$	°С	23

Таблица Д.3.2 — Расчет значений промежуточных величин

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
1 Диаметр отверстия диафрагмы при температуре 20 °С	d_{20}	м	ГОСТ 8.586.5 [формула (А.4)]	0,036
2 Внутренний диаметр ИТ на входе в диафрагму при температуре 20 °С	D_{20}	м	ГОСТ 8.586.5 [формула (А.5)]	0,05
3 Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности прямого участка ИТ (слегка ржавая)	$R_ш$	м	ГОСТ 8.586.5 (раздел А.3)	$1,5 \cdot 10^{-4}$
4 Верхний предел измерений перепада давления	$\Delta p_в$	Па	ГОСТ 8.586.5 [формула (А.3)]	9806,65
5 Верхний предел измерений избыточного давления	$p_{и.в}$	Па	ГОСТ 8.586.5 [формула (А.2)]	196133
6 Атмосферное давление	$p_а$	Па	ГОСТ 8.586.5 [формула (А.2)]	96657
7 Среднее значение квадратного корня из перепада давления на диафрагме	$\overline{\sqrt{\Delta p}}$	$(кгс/см^2)^{0,5}$	ГОСТ 8.586.5 (приложение Е)	0,04
8 Среднее значение перепада давления на диафрагме	$\overline{\Delta p}$	Па	ГОСТ 8.586.5 [формула (А.3)]	1569
9 Среднее значение избыточного давления	$\overline{p_и}$	Па	ГОСТ 8.586.5 (приложение Е)	49033
10 Коэффициент, учитывающий изменение диаметра отверстия диафрагмы, вызванное отклонением температуры природного газа от 20 °С	$\overline{K_{ту}}$	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.6)]	1,00005
11 Диаметр отверстия диафрагмы при рабочей температуре	$\overline{d}$	м	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)]	0,0360018
12 Коэффициент, учитывающий изменение диаметра ИТ, вызванное отклонением температуры природного газа от 20 °С	$\overline{K_т}$	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.7)]	1,00003
13 Внутренний диаметр ИТ на входе в диафрагму при рабочей температуре природного газа	$\overline{D}$	м	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)]	0,050002
14 Относительный диаметр отверстия диафрагмы	$\overline{\beta}$	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.1)]	0,720007
15 Коэффициент скорости входа	$\overline{E}$	—	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.6)]	1,16941
16 Поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы	$\overline{K_п}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.16)]	1,00823
17 Среднее значение абсолютного давления природного газа перед диафрагмой	$\overline{p}$	Па	ГОСТ 8.586.5 [формула (6.2)]	145690
18 Среднее значение термодинамической температуры природного газа	$\overline{T}$	К	ГОСТ 8.586.5 [формула (6.3)]	296,15
19 Фактор сжимаемости природного газа при стандартных условиях	$\overline{Z_с}$	—	ГОСТ 30319.1 [формула (24)]	0,998095
20 Фактор сжимаемости природного газа при рабочих условиях	$\overline{Z}$	—	ГОСТ 30319.2 [формула (6)]	0,997396
21 Коэффициент сжимаемости	$\overline{K}$	—	ГОСТ 30319.1 [формула (7)]	0,999299

Окончание таблицы Д.3.2

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
22 Плотность природного газа	$\bar{\rho}$	кг/м^3	ГОСТ 30319.1 [формула (6)]	0,968510
23 Динамическая вязкость природного газа	$\bar{\mu}$	Па с	ГОСТ 30319.1 [формулы (44), (45)]	$11,1315 \cdot 10^{-6}$
24 Показатель адиабаты природного газа	$\bar{\kappa}$	—	ГОСТ 30319.1 [формула (28)]	1,30102
25 Коэффициент расширения	$\bar{\varepsilon}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)]	0,995964
26 Среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости ИТ (слегка ржавая)	$\overline{Ra}$	м	ГОСТ 8.586.1 (пункты 3.4.2 и 3.4.3)	$4,7746 \cdot 10^{-5}$

Таблица Д.3.3 — Расчет количества природного газа

Рассчитываемые величины	Условное обозначение	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
1 Начальное значение числа Рейнольдса	Re_1	—	—	10^5
2 Коэффициент истечения	$\overline{C_1}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,600737
3 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$\overline{K_{ш1}}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,01832
4 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса $Re = 10^5$	$\overline{q_{c1}}$	м^3/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	0,0592852
5 Уточненное значение числа Рейнольдса	$\overline{Re_2}$	—	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.11)]	92220
6 Коэффициент истечения	$\overline{C_2}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,609559
7 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$\overline{K_{ш2}}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,01097
8 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса $\overline{Re_2}$	$\overline{q_{c2}}$	м^3/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	0,0597218
9 Относительное отклонение	$100\dfrac{\lvert\bar{q}_{c2}-\bar{q}_{c1}\rvert}{\bar{q}_{c2}}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,731056
10 Уточненное значение числа Рейнольдса	$\overline{Re_3}$	—	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.11)]	92899
11 Коэффициент истечения	$\overline{C_3}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,609514
12 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$\overline{K_{ш3}}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,01099
13 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса $\overline{Re_3}$	$\overline{q_{c3}}$	м^3/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	0,0597183
14 Относительное отклонение	$100\dfrac{\lvert\bar{q}_{c3}-\bar{q}_{c2}\rvert}{\bar{q}_{c3}}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,00586085

Окончание таблицы Д.3.3

Рассчитываемые величины	Условное обозначение	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
15 Уточненное значение числа Рейнольдса	$\overline{Re_4}$	—	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.11)]	92899
16 Коэффициент истечения	$\overline{C_4}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,609514
17 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$\overline{K_{ш4}}$	—	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,01099
18 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям	$\overline{q_{c4}}$	м³/с	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	0,0597183
19 Относительное отклонение	$100\dfrac{\lvert\bar{q}_{c4}-\bar{q}_{c3}\rvert}{\bar{q}_{c4}}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,000
20 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям	$\overline{q_c}$	м³/ч	ГОСТ 8.586.5 [формула (А.4)]	214,986
21 Объем природного газа, приведенный к стандартным условиям	V_c	м³	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.27)]	5159,66

Приложение Е
(обязательное)

Планиметрирование диаграмм и обработка показаний интегрирующих устройств

Е.1 Методы обработки диаграмм планиметрами

Е.1.1 При раздельных измерениях величин самопишущими СИ для определения средних значений данных величин за установленный промежуток времени применяют электронные или механические пропорциональные, корневые и полярные планиметры.

Е.1.2 Корневые и пропорциональные планиметры применяют для обработки записей значений измеряемых величин на дисковых диаграммах.

Полярные планиметры применяют для обработки записей значений измеряемых величин на ленточных диаграммах.

Е.1.3 В пропорциональных планиметрах результат планиметрирования пропорционален среднему значению радиуса планиметрируемой записи в процентах, а в корневых планиметрах — среднему значению квадратного корня из радиуса планиметрируемой записи в процентах от верхнего предела измерений.

Полярным планиметром измеряют площадь фигуры (в квадратных сантиметрах), ограниченную контуром.

Е.1.4 Планиметрирование записей на диаграммах проводят в соответствии с описанием порядка работы, приведенным в прилагаемом к планиметру паспорте или инструкции.

Е.1.5 Отсчет показаний планиметров осуществляют в соответствии с требованиями, приведенными в эксплуатационной документации на них.

Для большей достоверности результатов отсчета кривую записи планиметрируют несколько раз и за результат окончательного отсчета принимают среднее арифметическое значение этих отсчетов, если не были допущены грубые ошибки.

Практикой установлено, что достаточно трехкратного планиметрирования записей на дисковой диаграмме и двукратного — для записей на ленточной диаграмме, если не были допущены грубые ошибки.

Е.1.6 В результате планиметрирования получают отвлеченные планиметрические числа $N_п$, $N_к$ и $N_л$, соответственно, для показаний пропорционального, корневого и полярного планиметров.

Преобразование планиметрических чисел в значения измеряемых величин зависит от характеристики преобразования СИ измеряемой величины и типа применяемого планиметра.

Характеристика преобразования СИ измеряемой величины может быть квадратичной или линейной.

Характеристику преобразования считают линейной, если отклонение пера самопишущего СИ пропорционально значению измеряемой величины, и квадратичной, если отклонение пера пропорционально квадратному корню из значения измеряемой величины.

Формулы для расчета средних значений величин за время измерения τ (в часах) по результатам планиметрирования диаграмм для наиболее широко применяемых планиметров типа ПК, ППр и ПП-М приведены для СИ с линейной функцией преобразования в таблице Е.1, а для СИ с квадратичной функцией преобразования — в таблице Е.2.

В формулах для расчета средних значений $\overline{y}$, $\overline{p_и}$, $\overline{\Delta p}$ значения $y_н$, $p_{и.н}$, $\Delta p_н$ приняты равными нулю.

Таблица Е.1 — Формулы для расчета величины по результатам планиметрирования диаграмм СИ с линейной функцией преобразования

Обозначение величины	Формула расчета величины при применении планиметров		
	корневого	пропорционального	полярного
y	$\overline{\sqrt{y-y_н}} = \frac{24N_к}{\tau N_{к.в}}\sqrt{y_в-y_н}$	$\overline{y}-y_н = \frac{24N_п}{\tau N_{п.в}}(y_в-y_н)$	$\overline{y}-y_н = \frac{(y_в-y_н)\sum_{i=1}^{n}N_{пi}}{l_y l_ш}$
p	$\overline{\sqrt{p}} = \frac{24N_к}{\tau N_{к.в}}\sqrt{p_в}$	$\overline{p} = \frac{24N_п}{\tau N_{п.в}}p_в$	$\overline{p} = \frac{p_в\sum_{i=1}^{n}N_{пi}}{l_p l_ш}$
$p_и$	$\overline{\sqrt{p_и}} = \frac{24N_к}{\tau N_{к.в}}\sqrt{p_{и.в}}$	$\overline{p_и} = \frac{24N_п}{\tau N_{п.в}}p_{и.в}$	$\overline{p_и} = \frac{p_{и.в}\sum_{i=1}^{n}N_{пi}}{l_{p_и} l_ш}$

Окончание таблицы Е.1

Обозначение величины	Формула расчета величины при применении планиметров		
	корневого	пропорционального	полярного
t	$\overline{\sqrt{t-t_н}} = \frac{24N_к}{\tau N_{к.в}}\sqrt{t_в - t_н}$	$\bar{t} - t_н = \frac{24N_п}{\tau N_{п.в}}(t_в - t_н)$	$\bar{t} - t_н = \frac{(t_в - t_н)\sum_{i=1}^{n} N_{пi}}{l_t l_ш}$
Δp	$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{24N_к}{\tau N_{к.в}}\sqrt{\Delta p_в}$	$\overline{\Delta p} = \frac{24N_п}{\tau N_{п.в}}\Delta p_в$	$\overline{\Delta p} = \frac{\Delta p_в \sum_{i=1}^{n} N_{пi}}{l_{\Delta p} l_ш}$

Таблица Е.2 — Формулы для расчета величины по результатам планиметрирования диаграмм СИ с квадратичной функцией преобразования

Обозначение величины	Формула расчета величины при применении планиметров	
	пропорционального	полярного
$\sqrt{y}$	$\overline{\sqrt{y - y_н}} = \frac{24N_п}{\tau N_{п.в}}\sqrt{y_в - y_н}$	$\overline{\sqrt{y - y_н}} = \frac{\sqrt{y - y_н}\sum_{i=1}^{n} N_{пi}}{l_{\sqrt{y}} l_ш}$
$\sqrt{\Delta p}$	$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{24N_п}{\tau N_{п.в}}\sqrt{\Delta p_в}$	$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{\sqrt{\Delta p_в}\sum_{i=1}^{n} N_{пi}}{l_{\sqrt{\Delta p}} l_ш}$

Если отклонение пера самопишущего СИ пропорционально квадратному корню из значения измеряемой величины с увеличенным диапазоном ее изменения, а планиметрирование записи на дисковой диаграмме проводят пропорциональным планиметром, то значение измеряемой величины рассчитывают по формуле

$$\overline{\sqrt{y - y_н}} = \frac{1}{9N_{п.в}}\left(\frac{24}{\tau}7N_п + 200\right)\sqrt{y_в - y_н}\,. \qquad (Е.1)$$

При расчете квадратного корня из значения перепада давления по результатам планиметрирования с помощью пропорциональных планиметров формула Е.1 принимает вид:

$$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{1}{9N_{п.в}}\left(\frac{24}{\tau}7N_п + 200\right)\sqrt{\Delta p_в}\,. \qquad (Е.2)$$

Е.1.7 Для уменьшения неопределенности (см. 10.4.3.3) диаграммную запись разбивают на такие участки, где изменения величины незначительны. Эти участки планиметрируют отдельно, определяют $\bar{y}_i$ для каждого участка, извлекают квадратный корень из $\bar{y}_i$ и затем рассчитывают среднее значение квадратного корня из значения измеряемой величины по формуле

$$\overline{\sqrt{y}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\bar{y}_i}\Delta\tau_i}{\sum_{i=1}^{n}\Delta\tau}\,. \qquad (Е.3)$$

При этом разбивку проводят в случае измерений расхода газа, как минимум, для двух параметров, у которых диапазон изменений наибольший, таких как Δp и p или Δp и t, а в формулу (Е.3) вместо y подставляют $y = \Delta p \cdot p$ или $y = \frac{\Delta p}{T}$, и полученное среднее значение $\overline{\sqrt{y}}$ используют при определении количества среды.

Е.1.8 Если запись периода колебаний укладывается на участке длиной не более 5 мм и амплитуда пульсаций не превышает 7 % измеряемой величины, то планиметрирование производят по средней линии; если амплитуда пульсаций превышает 7 %, то планиметрирование выполняют по внутренней ($\sqrt{\Delta p_1}$) и внешней ($\sqrt{\Delta p_2}$) огибающим

линиям пульсаций. В последнем случае за результат планиметрирования принимают среднеарифметическое значение квадратного корня из значения перепада давления, рассчитываемое по формуле

$$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{\sqrt{\Delta p_1} + \sqrt{\Delta p_2}}{2}. \qquad (E.4)$$

Если запись периода колебаний укладывается на участке длиной более 5 мм, то планиметрирование необходимо проводить по линии записи измеряемого параметра.

Е.2 Определение величины по показаниям интегратора

Е.2.1 Если СИ, указатель которого отклоняется пропорционально значению измеряемой величины, содержит интегратор, то среднее значение этой величины рассчитывают по формуле

$$\bar{y} = \frac{\Delta\tau_0 (N_{y_2} - N_{y_1})}{\tau (N_{в_2} - N_{в_1})} y_в = \frac{\Delta\tau_0}{\tau} \frac{\Delta N_y}{\Delta N_в} y_в, \qquad (E.5)$$

где $\Delta N_в = N_{в_2} - N_{в_1}$ — разность показаний интегратора за время $\Delta\tau_0$ при установке верхнего значения измеряемой величины $y_в$;

$\Delta N_y = N_{y_2} - N_{y_1}$ — разность показаний счетчика за время осреднения τ для определяемой величины y.

Е.2.2 Если СИ, указатель которого отклоняется пропорционально квадратному корню из значения измеряемой величины, содержит интегратор, то среднее значение этой величины определяют по формуле

$$\overline{\sqrt{y}} = \frac{\Delta\tau_0 (N_{\sqrt{y_2}} - N_{\sqrt{y_1}})}{\tau (N_{в_2} - N_{в_1})} \sqrt{y_в} = \frac{\Delta\tau_0 \Delta N_{\sqrt{y}}}{\tau \Delta N_в} \sqrt{y_в}. \qquad (E.6)$$

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Измерение количества среды при нестационарном потоке

Ж.1 Назначение, область применения

Ж.1.1 Настоящее приложение устанавливает основные правила, средства и порядок проведения работ, необходимые для:

- определения режима течения среды;
- определения составляющей неопределенности измерения количества среды, обусловленной нестационарностью потока;
- учета составляющей неопределенности измерения количества среды, обусловленной нестационарностью потока.

Ж.1.2 Настоящее приложение рекомендуется применять в случае, если допускаемая относительная расширенная неопределенность измерений расхода и количества среды менее 1,5 %.

Ж.2 Обозначения и сокращения

Ж.2.1 Обозначения

Дополнительные условные обозначения, используемые в настоящем приложении, приведены в таблице Ж.1.

Таблица Ж.1 — Условные обозначения величин

Обозначение	Наименование величины	Единица величины
$\Delta\tau_0$	Интервал или длительность цикла времени измерений	с
$\Delta\tau$	Отчетное время	с
$y(\tau)$	Функция изменения параметра y во времени	*
$y(\tau)_i$	Мгновенное значение параметра y	*
$\bar{y}$	Среднее значение параметра y	*
Δ_y	Отклонение $y(\tau)_i$ от $\bar{y}$	*
$\bar{\Delta}_y$	Относительное отклонение значения параметра y от $\bar{y}$	1
$A(y)$	Амплитуда пульсаций значения параметра y	*
$\bar{A}(y)$	Относительная амплитуда пульсаций значения параметра y	1
$S(y)$	Среднеквадратическое отклонение результата измерений значения параметра y	*
Δp_s	Среднеквадратическая (средневзвешенная) амплитуда спектра пульсаций перепада давления	*
$\bar{\Delta} p_s$	Относительная среднеквадратическая амплитуда спектра пульсаций перепада давления	1
f	Частота пульсаций	Гц
$U'_д$	Составляющая неопределенности измерения количества среды, обусловленная нестационарностью потока среды	%
$K_д$	Поправочный коэффициент, учитывающий влияние нестационарности потока на результат определения количества среды	1

* Единица величины зависит от параметра.

Примечание — Остальные обозначения приведены в тексте.

Ж.2.2 Индексы обозначений параметров

Дополнительные индексы, соответствующие обозначениям параметров, относят к величинам, характеризующим данные параметры.

Следующие индексы относят к обозначениям:

и — измеренное значение;

min — минимальное значение;

max — максимальное значение.

Ж.2.3 Сокращения

В настоящем приложении применены следующие дополнительные сокращения:

АЧС — амплитудно-частотный спектр;

АЧХ — амплитудно-частотная характеристика;

ВБ — вентильный блок;

ВП — вторичный прибор;

ВУ — вычислительное устройство расхода и количества среды;

ИОР — испытания по определению режима течения;

ИОН — испытания по определению неопределенности измерения количества среды, обусловленной нестационарностью потока;

КИ — канал измерения параметра, измерительный канал;

МВИ — методика выполнения измерений;

СРП — способ определения количества среды с раздельным измерением параметров;

САП — способ определения количества среды с автоматизированным измерением параметров.

Ж.3 Термины и определения

В настоящем приложении применены следующие дополнительные термины с соответствующими определениями.

Ж.3.1 Характеристики нестационарного потока среды

Ж.3.1.1 **мгновенное значение параметра:** Значение параметра, соответствующее определенному моменту времени, моменту события.

Ж.3.1.2 **нестационарность:** Любое изменение мгновенного значения параметра во времени.

Ж.3.1.3 **нестационарный поток среды:** Поток среды, в котором значения его основных параметров являются нестационарными.

Ж.3.1.4 **режим течения нестационарного потока:** Разновидность течения среды, в котором характер ее движения определяется диапазоном изменения масштабных и временных параметров нестационарного потока.

Ж.3.1.5 **способ определения количества среды с раздельным измерением параметров:** Способ, при котором определение количества среды осуществляют по результатам обработки данных регистрации параметров потока за отчетный период времени.

Ж.3.1.6 **способ определения количества среды с автоматизированным измерением параметров:** Способ, при котором для определения расхода и количества среды применяют ВУ или измерительные комплексы.

Ж.3.1.7 **основные параметры потока:** Массовый и объемный расход, а также параметры среды, являющиеся определяющими при измерении расхода: перепад давления на СУ и плотность среды (давление и температура среды).

Ж.3.1.8 **динамические параметры режима течения потока:** Характеристики потока, используемые для анализа режимов течения нестационарного потока.

Примечание — К динамическим параметрам режима течения потока относят:

а) средние значения основных параметров за определенный интервал (цикл) времени;

б) временные параметры, такие как:
- частота пульсаций;
- время переходного процесса;

в) масштабные параметры, такие как:
- амплитуда (относительная амплитуда) пульсаций;
- среднеквадратическая амплитуда пульсаций;
- относительное отклонение параметра;

г) совокупные динамические параметры, такие как:
- вид функции изменения параметра во времени;
- амплитудно-частотный спектр пульсаций.

Ж.3.1.9 **вид нестационарности потока:** Характер изменения параметров потока во времени.

Примечание — В настоящем приложении приняты следующие виды нестационарности потока:

а) низкочастотные пульсации потока — обобщенное определение вида нестационарности, подразумевающее под собой характер изменения параметров потока, обусловленный технологическим режимом работы ИТ за отчетный период времени (в основном — разнообразные переходные процессы, связанные с режимом поступления и потребления среды, в частности и пульсирующие процессы);

б) среднечастотные пульсации потока — пульсации основных параметров потока среды, обусловленные АЧС(q_m) на входе в ИТ (зависит от типа источника потока среды и АЧХ системы подачи среды до ИТ) и собственными динамическими свойствами ИТ;

в) высокочастотные пульсации — обобщенное определение пульсаций любых параметров в ИТ и КИ, связанные с акустическими эффектами, турбулентными пульсациями.

Ж.3.1.10 **относительное отклонение параметра:** Характеристика степени отклонения параметра от его среднего значения. Значение $\bar{\Delta}_y$ определяют по формуле

$$\bar{\Delta}_y = \pm \frac{\Delta_y}{\bar{y}}. \qquad (Ж.3.1)$$

Примечание — Данный масштабный параметр является определяющим для низкочастотных пульсаций $\Delta p(\tau)$ при нахождении режима течения.

Ж.3.1.11 **амплитуда (относительная амплитуда) пульсаций параметра:** Масштабный параметр, характеризующий максимальное отклонение параметра или степень отклонения относительно его среднего значения в течение периода пульсаций.

Примечание — Значение амплитуды рассчитывают по формулам:

$$A(y) = \frac{y_{max} - y_{min}}{2}; \qquad (Ж.3.2)$$

$$\bar{A}(y) = \frac{A(y)}{\bar{y}} = \frac{y_{max} - y_{min}}{y_{max} + y_{min}}. \qquad (Ж.3.3)$$

Ж.3.1.12 **среднеквадратическая амплитуда пульсаций перепада давления:** Среднеквадратическое отклонение значений $\Delta p(\tau)$ за интервал времени измерений (средневзвешенная амплитуда АЧС $\Delta p(\tau)$).

Примечание — Среднеквадратическую амплитуду пульсаций перепада давления определяют по формуле

$$\Delta p_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} [\Delta p(\tau)_i - \overline{\Delta p}]^2}{n}}, \qquad (Ж.3.4)$$

где $i = 1...n$ — номер точки измерения;

n — число точек измерения за интервал времени измерения.

Ж.3.1.13 **относительная среднеквадратическая амплитуда пульсаций перепада давления:** Средневзвешенная относительная амплитуда части АЧС $\Delta p(\tau)$, относящейся к среднечастотным пульсациям. Значение относительной среднеквадратической амплитуды пульсаций перепада давления рассчитывают по формуле:

$$\bar{\Delta} p_s = \frac{\Delta p_s}{\overline{\Delta p}}. \qquad (Ж.3.5)$$

Примечание — Данный масштабный параметр является определяющим для среднечастотных пульсаций $\Delta p(\tau)$ при нахождении режима течения.

Ж.3.1.14 **амплитудно-частотный спектр пульсаций параметра:** Зависимость амплитуды или относительной амплитуды пульсаций параметра от частоты его пульсаций.

Примечание — Характерный вид АЧС $\Delta p(\tau)$ приведен на рисунке Ж.1.

АЧС $\Delta p(\tau)$ содержит три части: низко-, средне- и высокочастотную, условно разделенные между собой значениями граничных частот, соответственно $f1$, $f2$. Принято, что значения $f1$, $f2$ соответствуют $\bar{A}1 = 0{,}14$.

Низко- и среднечастотные части относятся к действительной части спектра. Высокочастотная часть спектра может содержать мнимые области частот (отмечено на одном из графиков пунктирной линией), не отвечающих за реальное изменение расхода, соответственно и $\Delta p(\tau)$, во времени: последние могут возникать из-за резонансных явлений в камерах отбора давления и соединительных линиях до ППД.

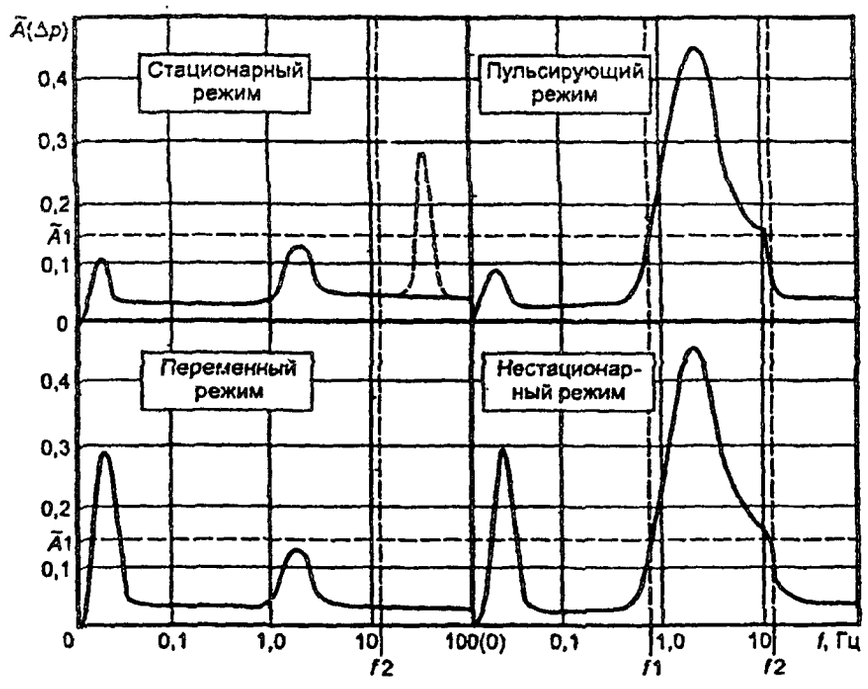


Рисунок Ж.1 — Характерные виды АЧС $\Delta p(\tau)$ на диафрагме при нестационарном потоке природного газа

Ж.3.1.15 **амплитудно-частотная характеристика:** Частотная динамическая характеристика, связывающая между собой амплитуды входных и выходных параметров системы КИ как функцию *f*.

Примечание — АЧХ рассчитывают по формулам:

$$G_y = K_{Ay}(f); \qquad (Ж.3.6)$$

$$K_{Ay} = \frac{A_{y\,вых}(f)}{A_{y\,вх}(f)}; \qquad (Ж.3.7)$$

где $K_{Ay}(f)$ — амплитудный коэффициент КИ параметра;
$A_{y\,вх}(f)$ — амплитуда параметра на входе;
$A_{y\,вых}(f)$ — амплитуда параметра на выходе.

Ж.3.1.16 **равномерная полоса пропускания частоты:** Диапазон частот, в котором значение $K_{Ay}(f) = 1{,}0$, т. е. система или КИ пропускает (измеряет) пульсации $y(\tau)$ без искажений.

Ж.3.1.17 **коэффициент коррекции:** Коэффициент, учитывающий неопределенность $U_д'$ при определении расхода и количества среды, рассчитываемый по формуле

$$K_д = \frac{1}{1 + 0{,}01U_д'}. \qquad (Ж.3.8)$$

Ж.3.2 Измерительный канал и его компоненты

Ж.3.2.1 **измерительный канал:** Совокупность определенным образом связанных между собой СИ и других входящих в канал систем (компонентов измерительного канала), реализующих процесс измерения параметра и обеспечивающих получение результатов измерений параметра.

Ж.3.2.2 **компоненты измерительного канала:** Входящие в состав измерительного канала системы или технические устройства, выполняющие одну из функций, предусмотренную процессом измерения.

Примечание — Компоненты КИ подразделяют на измерительные, вычислительные и связующие.

Ж.3.2.3 **измерительный компонент КИ:** Средство измерений, измерительный прибор (например, дифманометр), первичный преобразователь параметра и ВП.

Ж.3.2.4 **связующий компонент КИ:** Техническое устройство, система и (или) часть среды, предназначенные или используемые для передачи сигналов от одного компонента КИ к другому.

Примечание — Связующими компонентами КИ являются технические устройства (разделительные сосуды, запорные, уравнительные и продувочные вентили, соединительные линии, газосборники, разделительная жидкость и др.), используемые в схемах установок разделительных сосудов (см. приложение В) и схемах присоединения дифманометров (см. приложение Г).

Ж.3.2.5 **вычислительный компонент КИ:** ВУ (или его часть) совместно с программным обеспечением, выполняющее функцию обработки (вычисления) наблюдений (или прямых измерений) для получения результатов прямых (или косвенных, совместных) измерений параметра, выражаемых числовым значением или соответствующим ему кодом.

Ж.4 Метод определения количества среды

Ж.4.1 Основные положения

Ж.4.1.1 Метод определения количества среды основывается на следующих допущениях:

а) значение $\tilde{\Delta}p_s(\tau)$ не превышает 0,5;

б) значение относительной среднеквадратической амплитуды пульсаций плотности (давления) $\tilde{\rho}_s(\tau)$ или $\tilde{p}_s(\tau)$ не превышает 0,025. В настоящем приложении принято, что данное предположение выполняется для мало сжимаемой среды (жидкость) и сжимаемой среды (газ) с абсолютным ее давлением в ИТ ≥ 1,0 МПа;

в) потоки в конкретных ИТ являются детерминированными относительно АЧС $\Delta p(\tau)$, относительной амплитуды пульсаций перепада давления и, следовательно, для $\tilde{\Delta}p_s$ и основных составляющих $U'_д$;

г) неопределенность измерения количества среды $U'_д$ в основном обусловлена наличием среднечастотных пульсаций потока;

д) при определении $U'_д$ соблюдается условие квазистационарности уравнения мгновенного значения расхода. Данное допущение предполагает, что значения коэффициентов истечения и расширения равны своим значениям при стационарном (установившемся) режиме течения.

Примечание — В других случаях для определения количества среды при ее нестационарном течении в ИТ требуется соответствующая МВИ.

Ж.4.1.2 Метод определения количества среды при нестационарных потоках заключается в следующем:

- определении режима течения среды в ИТ на основании полученных в процессе испытаний данных об АЧС (Δp), $\tilde{\Delta}p_s$ и $\tilde{\Delta}_{\Delta p}$;
- определении значения $U'_д$ для ИТ;
- корректировке, в случае необходимости, измеренного количества среды.

Ж.4.2 Неопределенность $U'_д$ и ее составляющие

Ж.4.2.1 Общие положения

Источниками возникновения неопределенности $U'_д$ являются:

- нелинейность зависимости $q(\tau)$ от $\Delta p(\tau)$ (неопределенность $U'_{дУ}$);
- отсутствие инерционного члена в подкоренном выражении квазистационарного уравнения расхода (неопределенность $U'_{дин}$);
- дискретность опроса СИ основных параметров потока при использовании ВУ и особенностями обработки записи нестационарного параметра (неопределенность $U'_{ди}$);
- динамические свойства КИ $\Delta p(\tau)$ (неопределенность $U'_{дв}$).

Ж.4.2.2 Неопределенность $U'_{дУ}$

Ж.4.2.2.1 Значение $U'_{дУ}$ при использовании СРП в общем случае рассчитывают по формуле

$$U'_{дУ} = -\frac{50}{\bar{q}} \sum_{j=1}^{c} \left(\frac{\partial^2 q}{\partial y_j^2} S_{y_j}^2 \right), \qquad (Ж.4.1)$$

где $j = 1 \ldots c$ — номер основного параметра;

c — число основных параметров.

С учетом принятых допущений и функциональной зависимости q от Δp значение $U'_{дУ}$ рассчитывают по формуле

$$U'_{дУ} = 12{,}5\, \tilde{\Delta}p_s^2. \qquad (Ж.4.2)$$

Значение $U'_{дУ}$ для ИТ следует определять после проведения ИОР.

Ж.4.2.2.2 Значение $U'_{дУ}$ при использовании САП рассчитывают по формуле

$$U'_{дУ} = \frac{\overline{\sqrt{\Delta p}} - \overline{\sqrt{\Delta p_и}}}{\overline{\sqrt{\Delta p}}} 100, \qquad (Ж.4.3)$$

где $\overline{\sqrt{\Delta p}}$, $\overline{\sqrt{\Delta p_и}}$ — усредненные значения массива корней квадратных, вычисленных по показаниям ВП малоинерционного ППД и ВУ за интервал времени измерения в соответствии с Ж.7.2.

Значение $U'_{дУ}$ для каждого ИТ следует определять в ходе проведения ИОН.

Ж.4.2.3 Неопределенность $U'_{Дин}$

Значение $U'_{Дин}$ рассчитывают по формулам:

$$U'_{Дин} = 100\left[\frac{1}{2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{1+H^2J^2}}\right)^{-0,5}-1\right]; \quad (Ж.4.4)$$

$$H^2 = \frac{\sum_{r=1}^{r_{гр}} r^2\tilde{A}^2_{\Delta pr}}{\sum_{r=1}^{r_{гр}} \tilde{A}^2_{\Delta pr}}; \quad (Ж.4.5)$$

$$J = \frac{2\pi C}{(1-C^2\beta^4)}\frac{l_e}{d}\,St; \quad (Ж.4.6)$$

$$St = \frac{f_0 d}{\overline{w}}; \quad (Ж.4.7)$$

$$\overline{w} = \frac{4q}{\pi d^2}. \quad (Ж.4.8)$$

где H — коэффициент гармонических искажений;

r — номер гармоники в интеграле Фурье;

f_0 — частота основной гармоники среднечастотных пульсаций $\Delta p(\tau)$;

J — коэффициент инерции;

C — коэффициент истечения ($C \approx 1$ для сопел и труб Вентури, $C \approx 0,6$ для диафрагм);

l_e — эффективная длина ($l_e \approx d$);

$\overline{w}$ — средняя скорость в отверстии СУ;

St — число Струхаля.

Значение $U'_{Дин}$ следует определять в ходе проведения ИОН.

Ж.4.2.4 Неопределенность $U'_{Ди}$

Значение $U'_{Ди}$ рассчитывают по формуле (10.38).

Ж.4.2.5 Неопределенность $U'_{Да}$

Ж.4.2.5.1 Значение $U'_{Да}$ при использовании СРП рассчитывают по формулам:

$$U'_{Да} = 100\,(1-\sqrt{\overline{K_в}(\tau)}); \quad (Ж.4.9)$$

$$\overline{K_в}(\tau) = \overline{\left(\frac{\Delta p_и(\tau)}{\Delta p(\tau)}\right)}, \quad (Ж.4.10)$$

где $\overline{K_в}(\tau)$ — функция нелинейной передачи $\Delta p(\tau)$ в КИ (Δp).

Примечание — Предполагают, что ППД имеет линейную динамическую характеристику.

Определение $U'_{Да}$ проводят в ходе проведения ИОН.

Ж.4.2.5.2 При использовании САП $U'_{Ду}$ включает в себя неопределенность $U'_{Да}$, поэтому отсутствует необходимость в отдельном ее определении.

Ж.4.3 Определение количества среды

Ж.4.3.1 При стационарном режиме течения (см. Ж.5.3) неопределенность $U'_{Д}$ принимают равной нулю. Определение расхода и количества среды в этом случае проводят в соответствии с разделом 8.

Ж.4.3.2 При пульсирующем режиме течения (см. Ж.5.4) количество (объем и масса) среды рассчитывают по формулам:

$$V = V_и \cdot K_Д, \quad (Ж.4.11)$$

$$m = m_и \cdot K_Д, \quad (Ж.4.12)$$

$$K_Д = \frac{1}{1+0,01U'_Д}, \quad (Ж.4.13)$$

где $V_и$, $m_и$ — соответственно, значение объема и массы среды, рассчитанное в соответствии с требованиями раздела 8.

Ж.4.3.3 При переменном режиме течения в соответствии с Ж.5.5 неопределенность $U'_{Д}$ принимают равной нулю при выполнении одного из следующих условий:

а) обработку результатов регистрации $\Delta p_и(\tau)$ проводят корневым устройством считывания (планиметром);

б) проводят непосредственное измерение $(\sqrt{\Delta p_и(\tau)})_i$ или рассчитывают квадратный корень из значения $(\overline{\sqrt{\Delta p_и}(\tau)})_i$, определенного за короткий промежуточный цикл (интервал) измерения ($\Delta\tau_0 \le 2{,}0$ с).

Определение количества среды в этом случае проводят в соответствии с разделом 8.

Если условие не соблюдается, то проводят оценку составляющей $U'_{Ди}$ неопределенности определения количества среды по формуле (10.38).

Ж.4.3.4 При нестационарном режиме течения (см. Ж.5.6) определение количества среды проводят в соответствии с Ж.4.3.2 с учетом положений Ж.4.3.3.

Ж.4.3.5 При использовании СРП с целью облегчения обработки записи (регистрации) $\Delta p_и(\tau)$ (Ж.4 3 3а) допускается устанавливать в соединительные линии перед ППД идентичные гасители пульсаций давления (демпферы) с нормированной линейной АЧХ.

Выбор параметров АЧХ демпферов осуществляют на основании определения АЧХ КИ $\Delta p_и(\tau)$ (Ж.9) и АЧС $\Delta p(\tau)$ на СУ (Ж 6.2).

Ж.5 Классификация режимов течения потока

Ж.5.1 В зависимости от диапазона изменения масштабных и временных параметров нестационарного потока принята следующая условная классификация режимов течения среды (см. рисунки Ж.1, Ж.2):

- стационарный;
- пульсирующий;
- переменный;
- нестационарный.

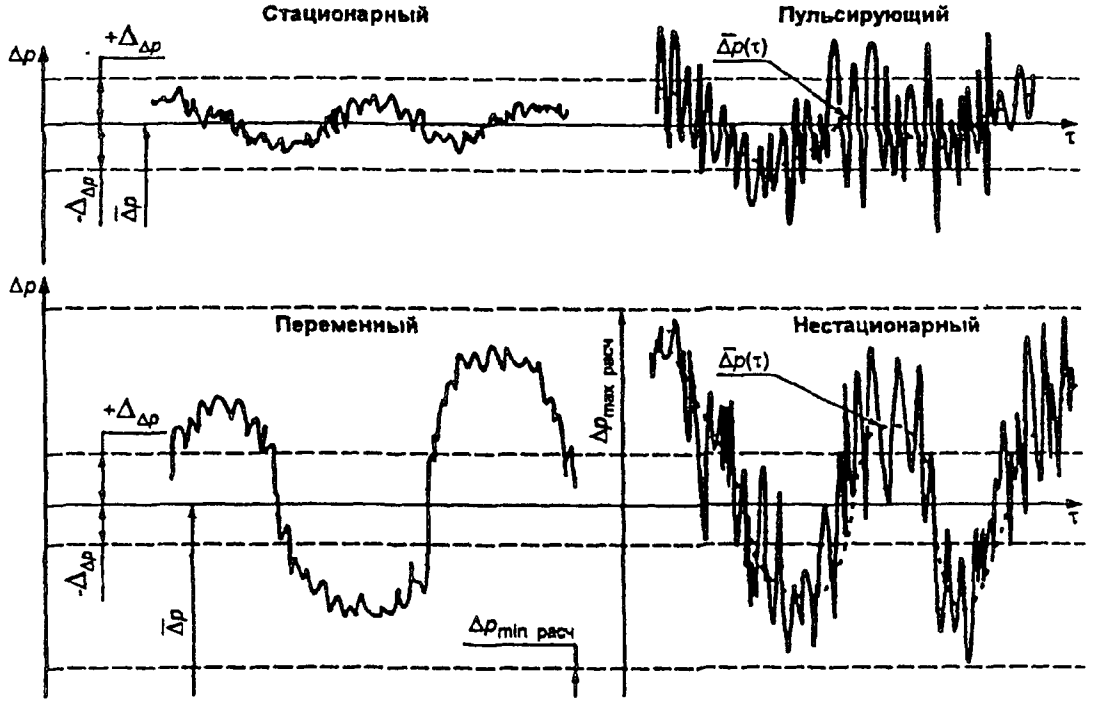


Рисунок Ж.2 — Характер изменения $\Delta p(\tau)$

Ж.5.2 При классификации режимов условно принято разделение временных параметров нестационарного потока на следующие виды:

- низкочастотные пульсации — от 10^{-4} до 0,5 Гц;
- среднечастотные пульсации — от 0,5 до 30 Гц;
- высокочастотные пульсации — более 30 Гц.

Ж.5.3 Стационарный режим течения

Стационарный режим течения характеризуется наличием совокупности низко- и среднечастотных пульсаций с пренебрежимо малыми основными масштабными параметрами потока, следовательно, и расхода.

Условием реализации стационарного режима течения является выполнение следующих требований:

а) значение относительного отклонения низкочастотных пульсаций перепада давления

$$\bar{\Delta}_{\Delta p} \le 0{,}14; \qquad (Ж.5.1)$$

б) значение относительной среднеквадратической амплитуды среднечастотных пульсаций перепада давления

$$\bar{\Delta} p_s \le 0{,}1; \qquad (Ж.5.2)$$

в) мгновенное значение $\Delta p(\tau)$ должно находится в рабочем диапазоне ППД.

При выполнении данных требований неопределенность $U_д^*$ принимают равной нулю.

Ж.5.4 Пульсирующий режим течения

Пульсирующий режим течения характеризуется наличием ярко выраженных среднечастотных пульсаций хотя бы одного из основных параметров потока, соответственно и расхода, и возможным наличием низкочастотных пульсаций параметров потока с пренебрежимо малыми масштабными параметрами.

Условием реализации пульсирующего режима течения является выполнение следующих требований:

а) относительное отклонение мгновенного значения низкочастотных пульсаций перепада давления

$$\bar{\Delta}_{\Delta p} \le 0{,}14; \qquad (Ж.5.3)$$

б) низкочастотная составляющая изменения перепада давления $\overline{\Delta p}(\tau)$ должна находиться в рабочем диапазоне ППД;

в) относительная среднеквадратическая амплитуда среднечастотных пульсаций

$$\bar{\Delta} p_s > 0{,}1; \qquad (Ж.5.4)$$

г) относительная среднеквадратическая амплитуда среднечастотных пульсаций

$$\bar{\Delta} p_s \le 0{,}5. \qquad (Ж.5.5)$$

Ж.5.5 Переменный режим течения

Переменный режим течения характеризуется наличием ярко выраженных низкочастотных пульсаций (переходных процессов) хотя бы одного из основных параметров потока, соответственно и расхода, отсутствием или наличием среднечастотных пульсаций параметров потока с пренебрежимо малыми масштабными параметрами.

Условием реализации переменного режима течения является выполнение следующих требований:

а) относительное отклонение мгновенного значения низкочастотных пульсаций перепада давления за отчетный период

$$\bar{\Delta}_{\Delta p} > 0{,}14; \qquad (Ж.5.6)$$

б) относительная среднеквадратическая амплитуда среднечастотных пульсаций

$$\bar{\Delta} p_s \le 0{,}1; \qquad (Ж.5.7)$$

в) мгновенное значение $\Delta p(\tau)$ должно находится в рабочем диапазоне ППД.

Ж.5.6 Нестационарный режим течения

Нестационарный режим течения характеризуется совокупностью ярко выраженных низко- и среднечастотных пульсаций хотя бы одного из основных параметров потока, следовательно, и расхода, имеющих значительные масштабные параметры.

Нестационарный режим является комбинацией пульсирующего и переменного режимов течения.

Условием реализации нестационарного режима течения является выполнение следующих требований:

а) относительное отклонение мгновенного значения низкочастотных пульсаций перепада давления за отчетный период времени

$$\bar{\Delta}_{\Delta p} > 0{,}14; \qquad (Ж.5.8)$$

б) низкочастотная составляющая изменения перепада давления $\overline{\Delta p}(\tau)$ должна находится в рабочем диапазоне ППД;

в) относительная среднеквадратическая амплитуда среднечастотных пульсаций

$$\bar{\Delta} p_s > 0{,}1; \qquad (Ж.5.9)$$

г) относительная среднеквадратическая амплитуда среднечастотных пульсаций

$$\bar{\Delta} p_s \le 0{,}5. \qquad (Ж.5.10)$$

В случае невыполнения условий (Ж.5.5), (Ж.5.10) для определения расхода и количества среды требуется соответствующая МВИ.

Ж.5.7 Требования к динамическим характеристикам ППД

Ж.5.7.1 АЧХ ППД при переменном режиме течения должна соответствовать АЧХ фильтра низких частот с равномерной полосой пропускания до частоты $f \ge f1$.

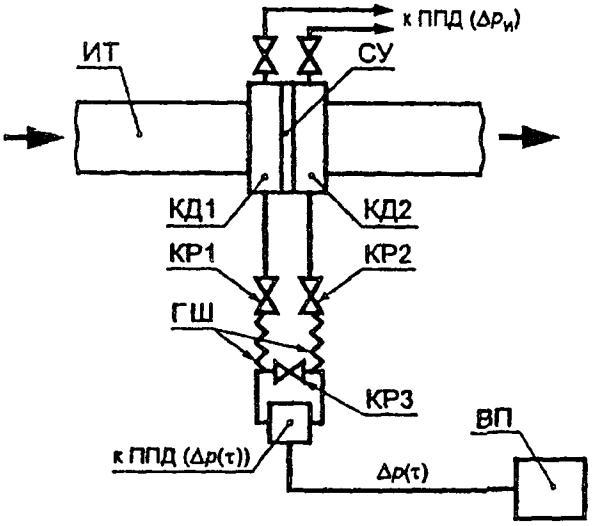
Ж.5.7.2 АЧХ ППД при пульсирующем и нестационарном режиме течения должна соответствовать АЧХ фильтра низких частот с равномерной полосой пропускания до частоты $f = f1$.

Ж.6 Определение режима течения

Ж.6.1 Общие положения

Ж.6.1.1 Тип режима течения в ИТ (см. 5.3—5.6) устанавливают в ходе проведения испытаний по результатам опытного определения $\bar{\Delta}p_s$, $\bar{\Delta}_{\Delta p}$ и анализа АЧС $\Delta p(\tau)$.

Ж.6.1.2 Общая схема измерений при определении режима течения приведена на рисунке Ж.3.



КД1,2 — камеры отбора давления; КР1,2 —разделительные краны; КР3 — уравнительный кран; ГШ — бронированные шланги; ППД ($\Delta p(\tau)$) — СИ перепада давления, применяемое для испытаний; ППД ($\Delta p_и$) — СИ перепада давления, входящее в комплект технических средств, применяемых для определения расхода и количества среды

Рисунок Ж.3 — Общая схема измерений при проведении ИОР

Определение $\bar{\Delta}p_s$ следует проводить при двух значениях рабочего диапазона расхода (q_{max} и q_{min}) ($k = 1,2$ — номер режима, расходной точки). На каждом режиме число измерений должно быть не менее 7 ($j = 1...7$ — номер точки измерения).

Ж.6.1.3 Испытания следует проводить с использованием СИ, имеющих в своем составе ППД и ВП (анализатор), обеспечивающие выполнение следующих основных функций:

- регистрацию (запись) не менее $15 \cdot 10^3$ мгновенных значений $\Delta p(\tau)_l$ в одной точке измерения с частотой опроса не менее 1,0 кГц ($l = 1...15 \cdot 10^3$ — номер точки массива $\Delta p(\tau)_l$;
- определение АЧС (Δp);
- визуального отображения временной развертки процесса пульсаций $\Delta p(\tau)$ и АЧС (Δp);
- осуществление, в случае необходимости (при наличии мнимых частей спектра), фильтрации сигнала ППД с помощью регулируемого фильтра низких частот (по результатам нахождения $f2$);
- вычисление соответствующих мгновенных значений $\sqrt{\Delta p(\tau)_l}$;
- расчет Δp_s, $\overline{\Delta p}$, $\bar{\Delta}p_s$ для каждого измерения;
- архивирование и распечатку результатов испытаний.

Бронированные шланги (см. рисунок Ж.3) присоединяют к независимым разделительным кранам камер отбора давления или кранам отбора давления при других способах отбора давления.

АЧХ ППД должна иметь равномерную полосу пропускания не менее 200 Гц. АЧХ КИ ППД должна иметь равномерную полосу пропускания не менее $2 \cdot f2$ Гц.

При определении АЧС(Δp) допускается использование независимого анализатора спектра.

Ж.6.2 Определение АЧС(Δp)

Ж.6.2.1 АЧС(Δp) определяют для решения следующих задач:

- оценки значения $\bar{A}(\Delta p)_{max}$ среднечастотной части спектра;
- определения значения $f1$ и $f2$ по $\bar{A}1$, необходимых для настройки фильтров;

- реального представления о характере пульсаций $\Delta p(\tau)$ на СУ;
- анализа, в случае необходимости, процессов пульсаций потока в ИТ.

Ж.6.2.2 Для каждой k-й расходной точки ($k = 1, 2$) и номера гармоники r значение $\bar{A}(\Delta p)_{rk}$ определяют как среднеарифметическое значение результатов определения $\bar{A}(\Delta p)_{rkj}$ ($j = 1...3$).

Ж.6.2.3 Значение $\bar{A}(\Delta p)_r$ для ИТ рассчитывают по формуле

$$\bar{A}(\Delta p)_r = \frac{\bar{A}(\Delta p)_{r1} + \bar{A}(\Delta p)_{r2}}{2}. \qquad (Ж.6.1)$$

Ж.6.2.4 При оформлении результатов испытаний по определению АЧС (Δp) для каждого ИТ АЧС должен быть представлен в графической форме с указанием $f1$, $f2$ и значения частоты f_0, соответствующей максимальной амплитуде $\bar{A}(\Delta p)_{max}$ среднечастотной части спектра, а также в виде таблицы Ж.2, где 1, 2...n — номер гармоники.

Таблица Ж.2 — Коэффициенты АЧС

f_r (Гц)	f_1	f_2	...	f_n
$A(\Delta p)_r$, кПа				
$\bar{A}(\Delta p)_r$				

Ж.6.3 Определение $\bar{\Delta}p_s$

Ж.6.3.1 Значение $\bar{\Delta}p_{sj}$ в каждой j-й точке измерения определяют путем обработки массива действительных измеренных значений $\Delta p(\tau)_j$ по формулам (Ж.3.4), (Ж.3.5).

Выделение действительных значений $\Delta p(\tau)$ осуществляют в ВП (см. Ж.6.1).

Ж.6.3.2 Значение $\bar{\Delta}p_{sk}$ в каждой k-й расходной точке находят как среднеарифметическое результатов определения $\bar{\Delta}p_{skj}$.

Ж.6.3.3 Окончательные $\bar{\Delta}p_s$ значения рассчитывают по формуле

$$\bar{\Delta}p_s = \frac{\bar{\Delta}p_{s1} + \bar{\Delta}p_{s2}}{2}. \qquad (Ж.6.2)$$

Ж.6.4 Определение $\bar{\Delta}_{\Delta pmax}$

Ж.6.4.1 Определение $\bar{\Delta}_{\Delta pmax}$ осуществляют на основании архивных данных ВУ (САП) или архива суточных диаграмм записи $\Delta p(\tau)$ (СРП) по формуле (Ж.3.1).

Ж.6.4.2 Конкретные архивные данные (суточные диаграммы, отчеты в количестве не менее 7) должны выбираться лицом, проводящим испытания с учетом характерных режимов изменения расхода (перепада давления) за предыдущий месяц до начала испытаний.

Ж.7 Определение $U'_Д$

Ж.7.1 Определение $U'_Д$ при использовании СРП

При использовании СРП принимают $U'_Д = U'_{Ду}$. Определение значения $U'_{Ду}$ проводят по окончании ИОР только для пульсирующего и нестационарного режима течения по формуле (Ж.4.2).

Ж.7.2 Определение $U'_Д$ при использовании САП

Ж.7.2.1 При использовании САП определение $U'_Д$, включающей $U'_{Да}$ и $U'_{Ду}$, проводят в ходе проведения ИОН (для пульсирующих и нестационарных режимов), в соответствии со схемой измерений, приведенной на рисунке Ж.4.

Ж.7.2.2 Определение $U'_Д$ проводят в тех же расходных точках, что и при проведении ИОР (см. Ж.6.1.2).

В каждой j-ой точке измерения значение $U'_{Дj}$ рассчитывают по формуле

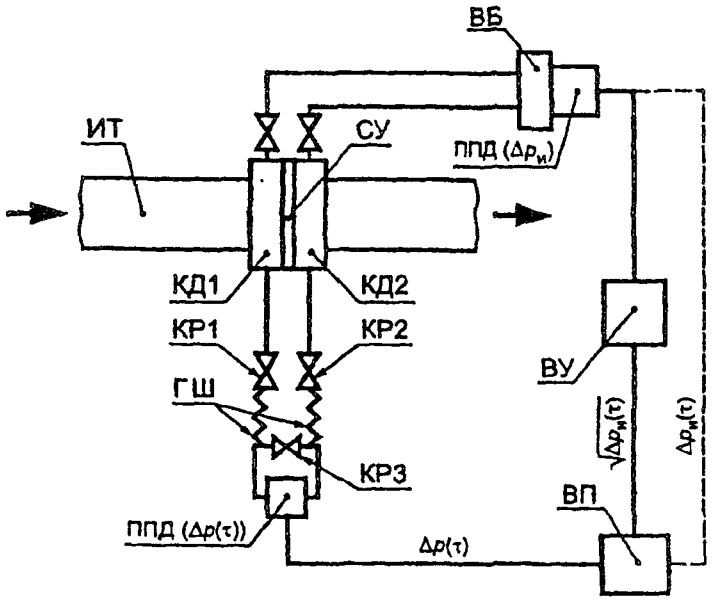
$$U'_{Д\,j} = 100\frac{(\overline{\sqrt{\Delta p(\tau)}} - (\overline{\sqrt{\Delta p_и(\tau)}})}{(\overline{\sqrt{\Delta p(\tau)}})}, \qquad (Ж.7.1)$$

где $\overline{\sqrt{\Delta p_и(\tau)}}$ — среднее значение корня квадратного, вычисленное в ВУ;

$\overline{\sqrt{\Delta p(\tau)}}$ — среднее значение корня квадратного, вычисленное в ВП.

Число точек $\sqrt{\Delta p_и(\tau)}$ и $\sqrt{\Delta p(\tau)}$ при определении их средних значений может быть различно.

Ж.7.2.3 В каждой k-й расходной точке значение $U'_{Дk}$ определяют как среднеарифметическое значение результатов наблюдений $U'_{Дkj}$.



КД1,2 — камеры отбора давления; КР1,2 — разделительные краны; КР3 — уравнительный кран; ГШ — бронированные шланги, ППД ($\Delta p(\tau)$) — СИ перепада давления, применяемое для испытаний; ППД ($\Delta p_и$) — СИ перепада давления, входящее в комплект технических средств, применяемых для определения расхода и количества среды

Рисунок Ж.4 — Общая схема измерений при проведении ИОН

Ж.7.2.4 По окончании измерений рассчитывают среднеквадратическое отклонение результатов измерений по формулам:

$$S_o = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{2}\sum_{j=1}^{7}[\tilde{\Delta}(U'_Д)_{kj}]^2}{13}}\ 100\ \%; \qquad (Ж.7.2)$$

$$\tilde{\Delta}(U'_Д)_{kj} = \frac{U'_{Дkj} - \overline{U'_Д}}{U'_Д}. \qquad (Ж.7.3)$$

При выполнении условия $S_o \le 5{,}0$ % за значение $U'_Д$ принимают $\overline{U'_Д}$.

Ж.7.2.5 Если $S_o > 5{,}0$ %, то необходимо провести анализ результатов измерений $U'_{Д\,kj}$ следующим образом:

а) рассчитывают среднеквадратическое отклонение по формуле

$$S_{ok} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{7}[\tilde{\Delta}(U'_Д)_{kj}]^2}{6}}\ 100\ \%; \qquad (Ж.7.4)$$

б) для наиболее выделяющихся значений ($U'_{Дk\max}$ или $U'_{Дk\min}$) рассчитывают значения вспомогательного параметра H_k по формулам:

$$H_k = \frac{(U'_{Дk\max} - \overline{U'_{Дk}})}{S_{ok}}; \qquad (Ж.7.5)$$

$$H_k = \frac{(\overline{U'_{Дk}} - U'_{Дk\min})}{S_{ok}}, \qquad (Ж.7.6)$$

которые сравнивают с критерием h из таблицы Ж.3 в зависимости от числа измерений n на одной расходной точке.

Таблица Ж.3 — Зависимость критерия h от числа измерений n

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
h	1,67	1,82	1,94	2,031	2,11	2,18	2,23	2,29	2,33	2,37	2,41

Если $H_к \geq h$, то данный результат исключают из массива результатов измерений.

При исключении какого-либо результата, снова проводят обработку результатов измерений.

Если среди полученных результатов окажется более двух исключаемых, то проводят дополнительные измерения вместо исключенных и снова проводят обработку результатов измерений.

По окончании измерений рассчитывают относительное отклонение результатов измерения $U'_Д$ в двух расходных точках по формуле

$$\tilde{\Delta}(U'_Д) = \frac{U'_{Д1} - U'_{Д2}}{U'_{Д1} + U'_{Д2}} 100\ \%. \qquad (Ж.7.7)$$

При выполнении условия $\tilde{\Delta}(U'_Д) \leq 10\ \%$ за значение $U'_Д$ принимают среднее значение результатов измерений, рассчитанное по формуле

$$U'_Д = \frac{U'_{Д1} + U'_{Д2}}{2}. \qquad (Ж.7.8)$$

Если $\tilde{\Delta}(U'_Д) \geq 10\ \%$, то в свидетельстве об испытании делают соответствующую запись (см. также примечание к Ж.4.1.1).

Ж.8 Оценка $U'_{Дин}$ и $U'_{Да}$

Решение о необходимости оценки значений $U'_{Дин}$ и $U'_{Да}$ совместно принимают организации поставщика и потребителя среды.

При использовании СРП проводят оценку $U'_{Дин}$ (см. Ж.4.2.3 и Ж.8.1) и $U'_{Да}$ (см. Ж.4.2.5.2 и Ж.8.2);

При использовании САП проводят оценку $U'_{Дин}$ (см. Ж.4.2.3 и Ж.8.1).

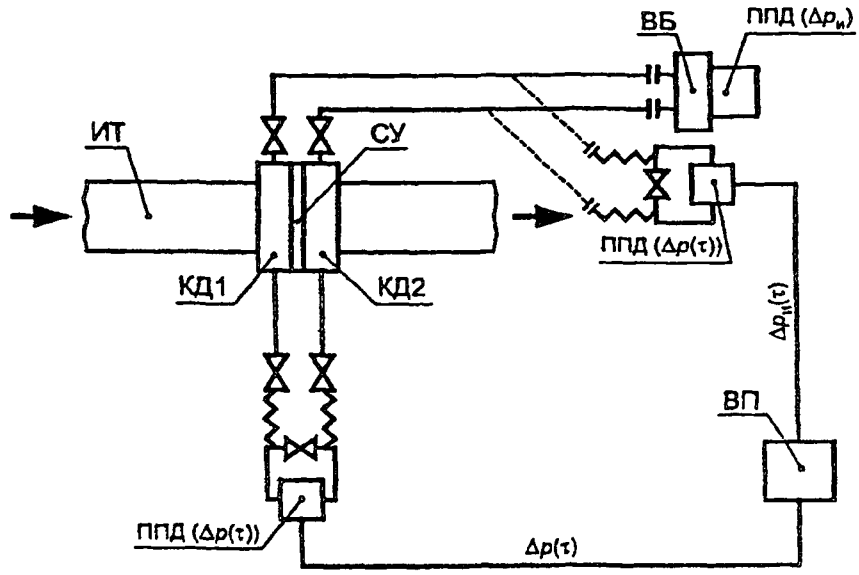
Ж.8.1 Оценка $U'_{Дин}$

Оценку $U'_{Дин}$ проводят только для пульсирующего и нестационарного режимов течения, в соответствии с Ж.4.2.3, используя АЧС (Δp), полученный в процессе проведения ИОР. При измерении количества среды с помощью нескольких ИТ оценку $U'_{Дин}$ допускается проводить только для одного ИТ.

Ж.8.2 Оценка $U'_{Да}$ при использовании СРП

Ж.8.2.1 Оценку $U'_{Да}$ проводят только для пульсирующего и нестационарного режимов течения (на рабочем режиме расхода, $k = 1, j = 1...7$). При измерении количества с помощью нескольких ИТ с идентичными составом КИ $\Delta p_и(\tau)$ определяют для ИТ, имеющего максимальное значение $\tilde{\Delta} p_s$.

Ж.8.2.2 Измерения проводят в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Ж.5.



КД1,2 — камеры отбора давления; ППД ($\Delta p(\tau)$) — СИ перепада давления, применяемое для испытаний; ППД($\Delta p_и$) — СИ перепада давления, входящее в комплект технических средств, применяемых для определения расхода и количества среды

Рисунок Ж.5 — Общая схема измерений при определении АЧХ $\Delta p_и(\tau)$

В этом случае на время испытаний вместо ППД($\Delta p_и$) (см. рисунок Ж.5) устанавливают ППД($\Delta p(\tau)$).

Ж.8.2.3 Для каждой j-й точки измерения определяют среднеарифметические значения результатов i-х измерений $\overline{\sqrt{\Delta p_j}}$, $\overline{\Delta p_j}$, $\sqrt{\overline{\Delta p_j}}$, $\overline{\Delta p_{иj}}$, $\overline{K}_{Aj}$, $U'_{Дaj}$.

Ж.8.2.4 За значение $U'_{Дa}$ принимают среднеарифметическое значение — $\overline{U}'_{Дaj}$.

Ж.9 Определение АЧХ канала измерения $\Delta p_и(\tau)$

Ж.9.1 Определение АЧХ КИ $\Delta p_и(\tau)$ проводят на стадии проведения ИОР или ИОН в случае принятия решения об использовании демпферов по Ж.4.3.5 (на рабочем режиме расхода, $k = 1$, $j = 1...3$). При измерении количества среды с помощью нескольких ИТ с идентичными составом КИ $\Delta p_и(\tau)$, АЧХ определяют для ИТ, имеющего максимальное значение $\overline{\Delta p}_s$.

Ж.9.2 Испытания проводят в соответствии со схемой измерений, приведенной на рисунке Ж.5.

Ж.9.3 АЧС $\Delta p(\tau)$ и АЧС $\Delta p_и(\tau)$ определяют в соответствии с Ж.6.2.

Ж.9.4 Значения K_{Ar} для каждой частоты r-й гармоники рассчитывают по формуле (Ж.3.7).

Ж.9.5 Если частоты f_r и $f_{rи}$ не совпадают, то производят аппроксимацию АЧС $\Delta p_и(\tau)$ функцией подходящего вида и затем определяют K_{Ar} для одних и тех же значений f_r.

Ж.9.6 При оформлении результатов испытаний АЧХ КИ $\Delta p_и(\tau)$ представляют в виде таблицы Ж.4.

Таблица Ж.4 — Коэффициенты АЧХ

f_r, Гц	f_{r1}	f_{r2}	....	$f2$
K_{Ar}				

Ж.10 Оформление результатов испытаний

Ж.10.1 По результатам ИОР организация, проводящая испытания, выдает свидетельство, в котором в соответствии с классификацией настоящего стандарта указывает режим течения в каждом ИТ.

Ж.10.2 По результатам ИОН организация, проводящая испытания, выдает свидетельство с указанием значения $U_Д$ для каждого ИТ.

Ж.10.3 При несоблюдении условия $(\overline{\Delta p}_s) > 0{,}5$ составляется акт о несоответствии условий течения в ИТ требованиям настоящего стандарта.

Ж.10.4 Свидетельство должно быть утверждено организацией, проводящей испытания, и подписано представителями организации, проводящей испытания, и организации-владельца.

Библиография

[1] Международный стандарт ИСО 2186:1973 (International Standard ISO 2186:1973) — Измерение расхода жидкости в закрытых каналах. Соединения для передачи сигнала давления между первичным и вторичным элементами (Fluid flow in closed conduits — Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements)

[2] Европейский стандарт ЕН 1434-2 (EN 1434-2) — Тепломеры. Часть 2. Требования к конструкции (Heat meters. Constructional requirements)

[3] ГССССД 188—99 — Вода. Удельный объем и энтальпия при температурах 0—1000 °С и давлениях 0,001—1000 МПа

[4] Международный стандарт ИСО 10715:1997(E) (International Standard ISO 10715:1997) — Природный газ- Руководство по отбору проб (Natural gas — Sampling guidelines)

[5] Пистун Е.П. О погрешностях определения среднесуточного значения расхода газа, измеренного методом переменного перепада давления//Республиканский межведомственный научно-технический сборник. Контрольно-измерительная техника. — Львов: «Выща школа», 1985. — Вып. 37

[6] ГССССД 6—89 — Вода. Коэффициент динамической вязкости при температурах 0—800 °С и давлениях 0,001—1000 МПа

[7] Лачков В.И., Лисенков А.И., Мамонов Ю.В. Формулы для определения теплофизических свойств перегретого пара. Измерительная техника, 1999, № 1, с. 40—41

ДОДАТОК НА
ПЕРЕКЛАД ГОСТ 8.586.5–2005 УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ
(довідковий)

ЗМІСТ

1 Сфера застосування ... 1
2 Нормативні посилання ... 1
3 Терміни, визначення понять, умовні позначки, скорочення та одиниці величин ... 3
3.1 Терміни та визначення понять ... 3
3.2 Умовні позначки ... 3
3.3 Індекси умовних позначок величин ... 4
3.4 Скорочення ... 4
3.5 Одиниці величин ... 5
4 Умови проведення вимірювань ... 5
5 Метод вимірювань ... 5
5.1 Принцип методу ... 5
5.2 Формули для обчислення витрати середовища ... 5
5.3 Формули для обчислення кількості середовища ... 6
5.4 Формули для обчислення енерговмісту горючих газів ... 8
6 Засоби вимірювання й вимоги до їх монтажу ... 8
6.1 Загальні положення ... 8
6.2 Засоби вимірювання перепаду тиску й тиску ... 9
6.3 Засоби вимірювання температури ... 18
6.4 Засоби вимірювання густини, складу й вологості середовища ... 20
6.5 Обчислювальні пристрої ... 22
7 Підготування до вимірювань ... 23
8 Оброблення результатів вимірювань ... 23
8.1 Обчислення витрати середовища ... 23
8.2 Обчислення кількості середовища за допомогою обчислювальних пристроїв ... 26
8.3 Обчислення кількості середовища за результатами планіметрування діаграм ... 26
8.4 Подання результатів вимірювання та обчислення ... 28
9 Вимоги безпеки і вимоги до кваліфікації оператора ... 29
10 Оцінення невизначеності результатів вимірювання ... 29
10.1 Загальні положення ... 29
10.2 Формули для обчислення невизначеності витрати середовища ... 31
10.3 Складники невизначеності витрати середовища ... 32
10.4 Оцінка невизначеності результатів визначення кількості середовища ... 37
Додаток А Співвідношення між одиницями теплофізичних величин ... 41
Додаток Б Залежності, які застосовують під час обчислення витрати та кількості сухої частини вологого газу ... 43
Додаток В Схеми встановлення роздільних посудин ... 45
Додаток Г Схеми приєднання вимірювального перетворювача перепаду тиску або дифманометра ... 57
Додаток Д Приклади розрахунку витрати та кількості середовища ... 65
Додаток Е Планіметрування діаграм і опрацювання показів інтегрувальних пристроїв ... 74
Додаток Ж Вимірювання кількості середовища за нестаціонарного потоку ... 77
Бібліографія ... 92

МІЖДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ

Державна система забезпечення єдності вимірювань

Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 5. Методика виконання вимірювань

State system for ensuring the uniformity of measurements

Measurement of liquid and gas flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 5 Measurement procedure

Дата введення в Україні 2010–04–01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт встановлює методику виконання вимірювань (МВВ) витрати та кількості рідини і газу за допомогою таких технічних засобів:

- стандартного звужувального пристрою;
- вимірювального трубопроводу;
- засобів вимірювання перепаду тиску, параметрів стану середовища та його характеристик;
- засобів оброблення результатів вимірювань;
- з'єднувальних ліній;
- допоміжних технічних пристроїв.

Стандарт поширюється на вимірювання витрати та кількості середовища за допомогою технічних засобів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва, виготовлених відповідно до вимог цього стандарту.

Цей стандарт застосовують разом із ГОСТ 8.586.1 і залежно від типу звужувального пристрою – ГОСТ 8.586.2, ГОСТ 8.586.3 або ГОСТ 8.586.4.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

В цьому стандарті є посилання на такі міждержавні стандарти:

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

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

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 2939 — 63 Газы. Условия для определения объема

ГОСТ 10679 — 76 Газы углеводородные сжиженные. Метод определения углеводородного состава

ГОСТ 17310 — 2002 Газы. Пикнометрический метод определения плотности

ГОСТ 17378 — 2001 Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Переходы. Конструкция

ГОСТ 18917 — 82 Газ горючий природный. Метод отбора проб

ГОСТ 20060 — 83 Газы горючие природные. Методы определения содержания водяных паров и точки росы влаги

ГОСТ 23781— 87 Газы горючие природные, Хроматографический метод определения компонентного состава

ГОСТ 28656 — 90 Газы углеводородные сжиженные. Расчетный метод определения плотности и давления насыщенных паров

ГОСТ 30319.1— 96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки

ГОСТ 30319.2 — 96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости

Національне пояснення

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

ГОСТ 8.586.1–2005 (ИСО 5167-1:2003) Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання витрати та кількості рідин і газів за допомогою стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1. Принцип методу вимірювань та загальні вимоги

ГОСТ 8.586.2–2005 (ИСО 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 (ИСО 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 (ИСО 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 2939 – 63 Гази. Умови для визначення об'єму

ГОСТ 10679—76 Гази вуглеводневі зріджені. Метод визначення вуглеводневого складу

ГОСТ 17310 — 2002 Гази. Пікнометричний метод визначення

ГОСТ 17378 — 2001 Деталі трубопроводів безшовні приварні з вуглецевої й низьколегованої сталі. Переходи. Конструкція

ГОСТ 18917 — 82 Газ горючий природний. Метод відбирання проб

ГОСТ 20060 — 83 Гази горючі природні. Методи визначення вмісту водяних парів і точки роси вологи

ГОСТ 23781—87 Гази горючі природні. Хроматографічний метод визначення компонентного складу

ГОСТ 28656—90 Гази вуглеводневі зріджені. Розрахунковий метод визначення густини й тиску насичених парів

ГОСТ 30319.1—96 Газ природний. Методи розрахунку фізичних характеристик. Визначення фізичних характеристик природного газу, його компонентів і продуктів його перероблення

ГОСТ 30319.2—96 Газ природний. Методи розрахунку фізичних характеристик. Визначення коефіцієнта стисливості

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 у поточному році. Якщо документ, на який є посилання, замінено (змінено), то, користуючись цим стандартом, варто керуватися заміненим (зміненим) стандартом. Якщо документ, на який є посилання, відмінено без заміни, то положення, у якому є посилання на нього, застосовують в частині, що не стосується цього посилання.

3 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ, УМОВНІ ПОЗНАКИ, СКОРОЧЕННЯ ТА ОДИНИЦІ ВЕЛИЧИН

3.1 Терміни та визначення понять

У цьому стандарті застосовують терміни та визначення понять, наведені в ГОСТ 8.586.1.

3.2 Умовні познаки

Основні умовні познаки наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Умовні познаки

Умовні познаки	Назва величини	Одиниця величини
C	Коефіцієнт витікання	1
d	Діаметр отвору ЗП за робочої температури середовища	м
d_{20}	Діаметр отвору ЗП за температури 20 °С	м
D	Внутрішній діаметр ВТ або вхідної частини труби Вентурі за робочої температури середовища	м
D_{20}	Внутрішній діаметр ВТ або вхідної частини труби Вентурі за температури 20 °С	м
D_t	Зовнішній діаметр перетворювача температури, термометра або їх захисної гільзи, за її наявності	м
E	Коефіцієнт швидкості входження	1
$E_э$	Енерговміст (кількість енергії, яку може бути отримано під час згорання горючих газів)	МДж
H_m	Питома масова теплота згорання	МДж/кг
H_c	Питома об'ємна теплота згорання за стандартних умов	МДж/м^3
K	Коефіцієнт стисливості газу	1
$K_п$	Поправковий коефіцієнт, який враховує притуплення вхідного канта діафрагми	1
$K_{ту}$	Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра отвору ЗП, спричинену відхилами температури середовища від 20 °С	1
$K_т$	Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра ВТ, спричинену відхиленням температури середовища від 20 °С	1
$K_ш$	Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	1
$l_ш$	Довжина шкали реєструвального пристрою	см
l_y	Довжина стрічки з записом значення контрольованого параметра y	см
m	Маса середовища	кг
$N_к$	Планіметричне число кореневого планіметра	1
$N_п$	Планіметричне число полярного планіметра	см^2
$N_п$	Планіметричне число пропорційного планіметра	%
p	Тиск середовища	Па
$p_а$	Атмосферний тиск	Па
$p_н$	Надлишковий статичний тиск середовища	Па
q_v	Об'ємна витрата середовища за робочих умов	м^3/с
q_m	Масова витрата середовища	кг/с
q_c	Об'ємна витрата середовища, приведена до стандартних умов	м^3/с
$q_э$	Витрата енерговмісту горючих газів	МДж/с
Ra	Середній арифметичний відхил профілю шорсткості	м
$R_ш$	Еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	м
Re	Число Рейнольдса	1
t	Температура середовища	°С
T	Абсолютна (термодинамічна) температура середовища	К

Кінець таблиці 1

Умовні познаки	Назва величини	Одиниця величини
u_y	Стандартна невизначеність результату вимірювання величини y	Залежить від одиниці величини
u'_y	Відносна стандартна невизначеність результату вимірювання величини y	%
U_y	Розширена невизначеність величини y	Залежить від одиниці величини
U'_y	Відносна розширена невизначеність величини y	%
V	Об'єм середовища за робочих умов	$м^3$
V_c	Об'єм середовища, приведений до стандартних умов	$м^3$
x	Молярна частка компонента в суміші	%
x_a	Молярна частка азоту в суміші	%
x_y	Молярна частка діоксиду вуглецю в суміші	%
y	Будь-яка контрольована величина	Залежить від одиниці величини
Z	Фактор стисливості	1
α_t	Температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу	$°C^{-1}$
β	Відносний діаметр отвору ЗП	1
φ	Відносна вологість газу	1
δ_y	Відносна похибка величини y	%
Δp	Перепад тиску на ЗП	Па
ε	Коефіцієнт розширення	1
κ	Показник адіабати	1
λ	Коефіцієнт гідравлічного тертя	1
μ	Динамічна в'язкість середовища	Па·с
γ	Приведена похибка ЗВ	%
ρ	Густина середовища	$кг/м^3$
τ	Час	с

Примітка. Інші познаки, наведено безпосередньо в тексті.

3.3 Індекси умовних познак величин

Індекси в умовних позначеннях величин означають наступне:

в – верхня границя вимірювань;

н – нижня границя вимірювань;

с – стандартні умови;

max – максимальне значення величини;

min – мінімальне значення величини;

Знак «-» (рисочка над познакою величини) – середнє значення величини або значення величини, отримане за середніми значеннями параметрів.

3.4 Скорочення

В стандарті застосовано такі скорочення:

ВТ – вимірювальний трубопровід;

МО – місцевий опір;

ППТ – вимірювальний перетворювач перепаду тиску або дифманометр;

ПТ – вимірювальний перетворювач температури або термометр;

ЗВ – засіб вимірювання;

ЗП – звужувальний пристрій.

3.5 Одиниці величин

В цьому стандарті застосовано одиниці величин Міжнародної системи і одиниць SI.

Співвідношення між одиницями Міжнародної системи і одиницями інших систем наведено в додатку А.

4 УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

4.1 Умови проведення вимірювань повинні відповідати ГОСТ 8.586.1 (розділи 5, 6 і 7).

4.2 Характеристики навколишнього середовища під час експлуатації ЗВ повинні відповідати умовам застосування ЗВ, встановленим його виробником.

4.3 Діапазон вимірювань застосованого ЗВ повинен бути не меншим за діапазон зміни контрольованого параметра величини.

4.4 Метрологічні характеристики ЗВ вибирають, врахувуючи забезпечення необхідної невизначеності результатів вимірювань витрати та кількості середовища.

4.5 Характеристики енергопостачання ЗВ в умовах експлуатації повинні відповідати характеристикам ЗВ, встановленим його виробником.

4.6 Вимірювання треба виконувати за допомогою ЗВ, які пройшли повірку або калібрування залежно від сфери застосування.

4.7 ЗВ застосовують відповідно до вимог технічної документації щодо їх експлуатації.

5 МЕТОД ВИМІРЮВАНЬ

5.1 Принцип методу

Принцип методу вимірювання витрати середовища за допомогою ЗП наведено в ГОСТ 8.586.1 (розділ 5).

Кількість середовища визначають інтегруванням витрати середовища за часом.

5.2 Формули для обчислення витрати середовища

5.2.1 Витрату середовища вимірюють в одиницях масової витрати, об'ємної витрати за робочих умов і об'ємної витрати, приведеної до стандартних умов (стандартними умовами вважають умови за ГОСТ 2939).

Зв'язок між масовою витратою, об'ємною витратою за робочих умов і об'ємною витратою, приведеною до стандартних умов, має вигляд:

$$q_m = q_c\rho_c = q_v\rho. \qquad (5.1)$$

5.2.2 Масову витрату середовища обчислюють за формулою:

$$q_m = 0{,}25\pi d_{20}^2 K_{cy}^2 CEK_ш K_п \varepsilon (2\Delta p\rho)^{0.5}. \qquad (5.2)$$

Об'ємну витрату середовища обчислюють за формулою:

$$q_v = 0{,}25\pi d_{20}^2 K_{cy}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \left(2\frac{\Delta p}{\rho}\right)^{0,5}. \qquad (5.3)$$

Об'ємну витрату середовища, приведену до стандартних умов, обчислюють за формулою:

$$q_c = 0{,}25\pi d_{20}^2 K_{cy}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \frac{(2\Delta p\rho)^{0.5}}{\rho_c}. \qquad (5.4)$$

5.2.3 Якщо густину середовища за робочих умов обчислюють за формулою:

$$\rho = \rho_c p T_c / (p_c T K), \qquad (5.5)$$

то формули (5.2), (5.3) і (5.4) набирають вигляду, відповідно:

$$q_m = 0{,}25\pi d_{20}^2 K_{cy}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \left(2\Delta p\rho_c \frac{pT_c}{p_c TK}\right)^{0,5}, \qquad (5.6)$$

$$q_v = 0,25\pi d_{20}^2 K_{cy}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \left(2\Delta p \frac{p_c TK}{\rho_c p T_c} \right)^{0,5}, \quad (5.7)$$

$$q_c = 0,25\pi d_{20}^2 K_{cy}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \left(2\Delta p \frac{pT_c}{\rho_c p_c TK} \right)^{0,5}. \quad (5.8)$$

5.2.4 Формули для визначення витрати сухої частини вологого газу наведено в додатку Б.

5.2.5 Число Рейнольдса, залежно від одиниці витрати середовища, обчислюють відповідно до таких формул :

$$\mathrm{Re} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{q_m}{D \cdot \mu}, \quad (5.9)$$

$$\mathrm{Re} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{q_v \cdot \rho}{D \cdot \mu}, \quad (5.10)$$

$$\mathrm{Re} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{q_c \cdot \rho_c}{D \cdot \mu}. \quad (5.11)$$

5.3 Формули для обчислення кількості середовища

5.3.1 Кількість середовища (m, V, V_c), яке пройшло по ВТ за певний проміжок часу, є інтегралом функції витрати за часом τ, відповідно $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$, $q_c(\tau)$ за цей період.

5.3.2 За дискретного інтегрування функцій витрати за часом τ з інтервалами дискретизації $\Delta\tau_i$ кількість середовища обчислюють за формулами:

- за прямокутної апроксимації

$$m = \sum_{i=1}^{n} q_{mi} \Delta\tau_i, \quad (5.12)$$

$$V = \sum_{i=1}^{n} q_{vi} \Delta\tau_i, \quad (5.13)$$

$$V_c = \sum_{i=1}^{n} q_{ci} \Delta\tau_i; \quad (5.14)$$

- за трапецієподібної апроксимації

$$m = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{mi} + q_{mi+1}}{2} \Delta\tau_i, \quad (5.15)$$

$$V = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{vi} + q_{vi+1}}{2} \Delta\tau_i, \quad (5.16)$$

$$V_c = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{ci} + q_{ci+1}}{2} \Delta\tau_i, \quad (5.17)$$

де q_{mi}, q_{vi} і q_{ci} – значення функцій, відповідно, $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ і $q_c(\tau)$ на початку інтервалу $\Delta\tau_i$;

q_{mi+1}, q_{vi+1} і q_{ci+1} – значення функцій, відповідно, $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ і $q_c(\tau)$ в кінці інтервалу $\Delta\tau_i$;

n – кількість інтервалів дискретизації протягом часу $(\tau_к - \tau_н)$;

$\tau_н$ і $\tau_к$ – час, відповідно, початку та кінця періоду інтегрування.

5.3.3 За дискретного інтегрування функцій витрати за часом τ з рівномірним інтервалом дискретизації $\Delta\tau$ кількість середовища обчислюють за формулами:

- за прямокутної апроксимації

$$m = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} q_{mi} , \tag{5.18}$$

$$V = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} q_{vi} , \tag{5.19}$$

$$V_c = \Delta\tau \sum_{i=1}^{n} q_{ci} ; \tag{5.20}$$

- за трапецієподібної апроксимації

$$m = \Delta\tau \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{mi} + q_{mi+1}}{2} , \tag{5.21}$$

$$V = \Delta\tau \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{vi} + q_{vi+1}}{2} , \tag{5.22}$$

$$V_c = \Delta\tau \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{q_{ci} + q_{ci+1}}{2} , \tag{5.23}$$

де

$$\Delta\tau = \frac{(\tau_к - \tau_н)}{n} . \tag{5.24}$$

5.3.4 За відомим значенням середньої витрати $\bar{q}_m, \bar{q}_v$ і $\bar{q}_c$ впродовж часу $(\tau_к - \tau_н)$ кількість середовища обчислюють за формулами:

$$m = (\tau_к - \tau_н) \cdot \bar{q}_m , \tag{5.25}$$

$$V = (\tau_к - \tau_н) \cdot \bar{q}_v , \tag{5.26}$$

$$V_c = (\tau_к - \tau_н) \cdot \bar{q}_c . \tag{5.27}$$

5.3.4.1 За дискретного інтегрування функцій витрати за часом τ з рівномірним інтервалом дискретизації $\Delta\tau$ середні значення $\bar{q}_m, \bar{q}_v$ і $\bar{q}_c$ обчислюють за одним з таких варіантів:

а) за наявності повного масиву значень q_{mi}, q_{vi} і q_{ci} впродовж часу $(\tau_к - \tau_н)$ середні значення витрати середовища визначають за формулами:

$$\bar{q}_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{mi}}{n} , \tag{5.28}$$

$$\bar{q}_v = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{vi}}{n} , \tag{5.29}$$

$$\bar{q}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{ci}}{n} ; \tag{5.30}$$

б) за почергового визначення q_{mi}, q_{vi} і q_{ci} під час інтегрування в проміжку часу $(\tau_к - \tau_н)$ середню витрату середовища визначають на основі формул:

$$\bar{q}_{mi} = \frac{(i-1)}{i}\bar{q}_{mi-1} + \frac{q_{mi}}{i}, \quad (5.31)$$

$$\bar{q}_{vi} = \frac{(i-1)}{i}\bar{q}_{vi-1} + \frac{q_{vi}}{i}, \quad (5.32)$$

$$\bar{q}_{ci} = \frac{(i-1)}{i}\bar{q}_{ci-1} + \frac{q_{ci}}{i}, \quad (5.33)$$

де $\bar{q}_{mi}$, $\bar{q}_{vi}$ і $\bar{q}_{ci}$ – середні значення, відповідно, $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ і $q_c(\tau)$ впродовж часу $(\tau_к - \tau_н)$;

$\bar{q}_{mi-1}$, $\bar{q}_{vi-1}$ і $\bar{q}_{ci-1}$ – середні значення, відповідно, $q_m(\tau)$, $q_v(\tau)$ і $q_c(\tau)$ впродовж часу $(\tau_{i-1} - \tau_н)$.

5.3.4.2 За відомих середніх значень параметрів потоку і середовища $\bar{q}_m$, $\bar{q}_v$ і $\bar{q}_c$ знаходять за формулами (5.2)–(5.8).

Примітка. Визначення середньої витрати середовища за середніми значеннями її аргументів приводить до появи додаткового складника невизначеності вимірювання кількості середовища, оскільки середнє значення нелінійних функцій, до яких належать рівняння витрати, не може бути точно визначено через середні значення їх аргументів.

5.3.5 Для визначення кількості сухої частини вологого газу застосовують формули, аналогічні до наведених в 5.3.2, 5.3.3 і 5.3.4.

5.4 Формули для обчислення енерговмісту горючих газів

5.4.1 Витрату енерговмісту горючих газів визначають за формулами:

$$q_э = q_c H_c = q_m H_m; \quad (5.34)$$

$$H_c = H_m \rho_c. \quad (5.35)$$

5.4.2 Енерговміст горючих газів визначають інтегруванням функції $q_э$ за часом за допомогою формул, аналогічних до наведених в 5.3.2, 5.3.3 і 5.3.4.

Енерговміст горючих газів допускається визначати за формулами:

$$E_э = \sum_{i=1}^{n} H_{ci} V_{ci}; \quad (5.36)$$

$$E_э = \sum_{i=1}^{n} H_{mi} m_i, \quad (5.37)$$

де m_i, V_{ci} – маса і об'єм газу, приведений до стандартних умов, відповідно, визначені за інтервал $\Delta\tau_i$;

H_{mi}, H_{ci} – питома масова і об'ємна теплота згорання горючого газу за стандартних умов, відповідно, визначені за інтервал $\Delta\tau_i$;

$\Delta\tau_i$ – i-й проміжок часу між двома визначеннями H_m або H_c.

6 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ Й ВИМОГИ ДО ЇХ МОНТАЖУ

6.1 Загальні положення

6.1.1 Для визначення витрати та кількості середовища необхідно виконувати вимірювання змінних параметрів потоку й середовища, які є в рівнянні витрати.

6.1.2 ЗВ і допоміжні технічні пристрої, необхідні для вимірювання витрати та кількості середовища, вибирають, враховуючи умови їх експлуатації й техніко-економічну доцільність.

6.1.3 Для вимірювання параметрів потоку й середовища застосовують прилади з реєстрацією результатів вимірювання на паперових або електронних носіях, а також планіметри або електронні пристрої для зчитування графічної інформації, обчислювальні пристрої ручної або автоматичної дії для оброблення результатів вимірювання.

Для автоматизації процедури вимірювання й визначення витрати та кількості середовища в реальному масштабі часу застосовують обчислювальні пристрої, які приймають сигнали від вимірювальних перетворювачів параметрів потоку та середовища, автоматично їх обробляють і видають необхідну інформацію про результати вимірювання та обчислення.

6.1.4 Для визначення умовно-сталих величин (параметрів, які приймаються як сталі на певний період, наприклад година, доба, місяць тощо) допускається застосувати показувальні прилади. Умовно-сталі величини можна вважати такими, у яких значення дорівнюють очікуваним значенням, які прогнозуються на основі раніше виконаних вимірювань або загальних знань про умови вимірювання.

6.2 Засоби вимірювання перепаду тиску й тиску

6.2.1 Вимірювання перепаду тиску на звужувальному пристрої

6.2.1.1 Перепад тиску на ЗП [див. ГОСТ 8.586.1 (3.1.4)] визначають приєднанням ППТ через з'єднувальні трубки до отворів для відбирання тиску або до отворів в кільцевих камерах усереднення, які слугують для передавання тиску до ЗВ.

6.2.1.2 Допускається підключати до одного ЗП два або більше ППТ.

6.2.1.3 Вимоги до монтажу ППТ враховують основні положення, викладені в [1].

6.2.2 Роз'єднувальні крани

Роз'єднувальні крани призначені для відокремлення ЗВ від ВТ.

Роз'єднувальні крани рекомендовано розміщувати на з'єднувальних трубках безпосередньо біля місця їх з'єднання з ВТ. У разі встановлення зрівнювальних (конденсаційних) посудин роз'єднувальні крани (вентилі) допускається монтувати безпосередньо за ними.

Площа прохідного перерізу крана повинна бути не меншою, ніж 64 % від площі перерізу з'єднувальної трубки.

В робочому режимі роз'єднувальні крани має бути повністю відкрито.

Рекомендовано віддавати перевагу встановленню кульових кранів.

6.2.3 Зрівнювальні (конденсаційні) посудини

6.2.3.1 Під час вимірювання витрати пари з'єднувальні трубки заповнюють конденсатом. Під час вимірювання перепаду тиску відбувається порушення рівності висоти стовпців конденсату в обох з'єднувальних трубках внаслідок переміщення частини конденсату в ППТ. Зміна рівнів стовпців конденсату призводить до виникнення додаткового складника невизначеності результатів вимірювань перепаду тиску.

Для зменшення цього складника невизначеності вимірювання перепаду тиску застосовують зрівнювальні (конденсаційні) посудини. На рисунку 1 наведено рисунок зрівнювальних посудин, рекомендованих [1]. Основні геометричні характеристики цих посудин наведено в таблиці 2.

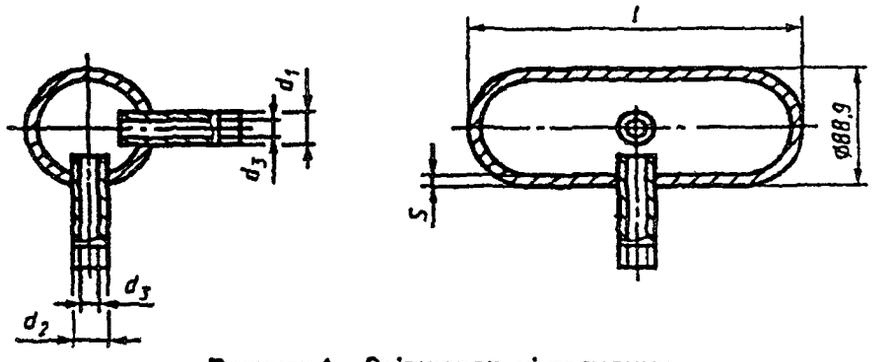


Рисунок 1 – Зрівнювальні посудини

Область застосування зрівнювальних посудин (далі – посудин) для типорозмірів, наведених в таблиці 2, визначають за схемою рисунка 2.

Об'єм посудин повинен бути тим більшим, чим більшим є вимірювальний об'єм ППТ, тобто той об'єм, який переміщається з однієї камери ППТ при вимірюванні Δp від нуля до $\Delta p_в$.

6.2.3.2 Площа горизонтального поперечного перерізу посудини повинна бути у декілька разів більшою від площі вертикального перерізу.

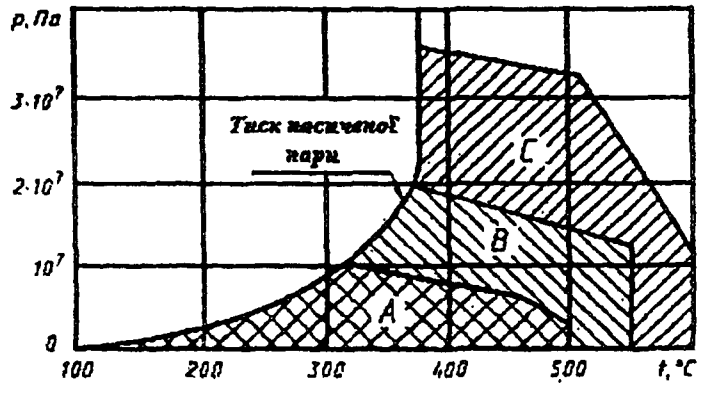
6.2.3.3 Посудини розташовують на одному рівні. При цьому вхідні отвори посудин має бути розташовано не нижче ніж отвори для відбирання тиску.

6.2.3.4 Теплоізоляцію зрівнювальних посудин і з'єднувальних трубок виконують у випадках, показаних на схемах рисунка 3.

Таблиця 2 – Розміри конденсаційних посудин

Познаки типорозміру	Вхід d_1		Вхід d_2		d_3	l	S	$V^{1)}$
	Патрубки з газовою наріззю	Приварні патрубки	Патрубки з газовою наріззю	Приварні патрубки				
	дюйми	мм	дюйми	мм	мм			$см^3$
1	1/2 – –	– 21,3 21,3	1/2 1/2 –	– – 21,3	8,7	230	5	800
2	1/2 – –	– 21,3 21,3	1/2 1/2 –	– – 21,3	8,7	100	5	250
3	5/8 – –	– 24 24	5/8 5/8 –	– – 24	8	230	7,1	700
4	5/8 – –	– 24 24	5/8 5/8 –	– – 24	8	100	7,1	220
5	–	24	–	24	8	230	7,1	600
6	–	24	–	24	8	100	7,1	170

[1)] Об'єм зрівнювальної посудини.

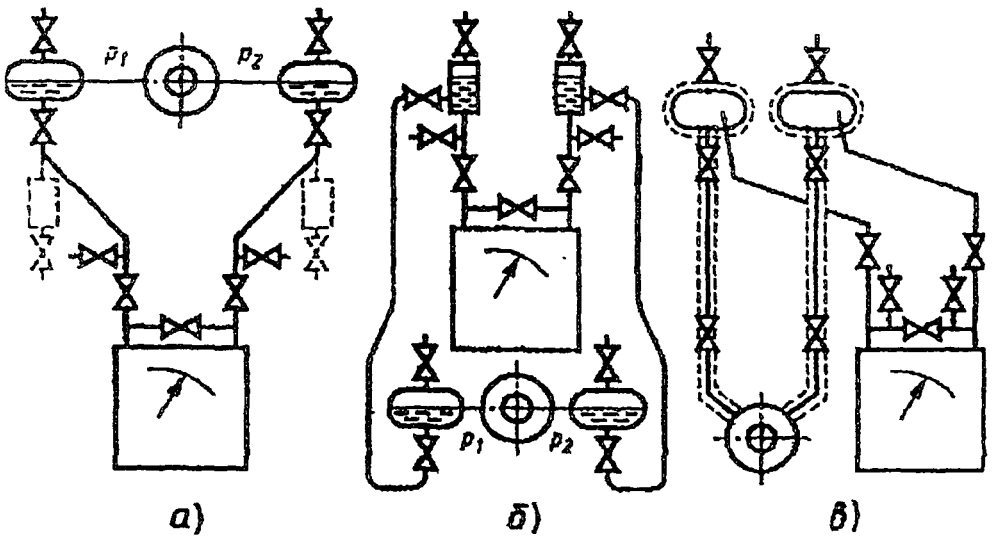


A – розміри 1 і 2; *B* – розміри 3 і 4; *C* – розміри 5 і 6 (згідно з таблицею 2)

Рисунок 2 – Область застосування зрівнювальних посудин

6.2.3.5 Під час вимірювання витрати пари рекомендовано розташовувати ППТ нижче ЗП (рисунок 3 а).

Якщо $p > 0,2$ МПа, то допустимим є встановлювати ППТ вище ЗП за схемою, зображеною на рисунку 3, б) (цю схему застосовують також в разі розташування ППТ нижче ЗП на відстані 1,5 м). В разі встановлення ППТ згідно з рисунком 3, б) слід в найвищих точках з'єднувальних трубок встановлювати газозбірники.

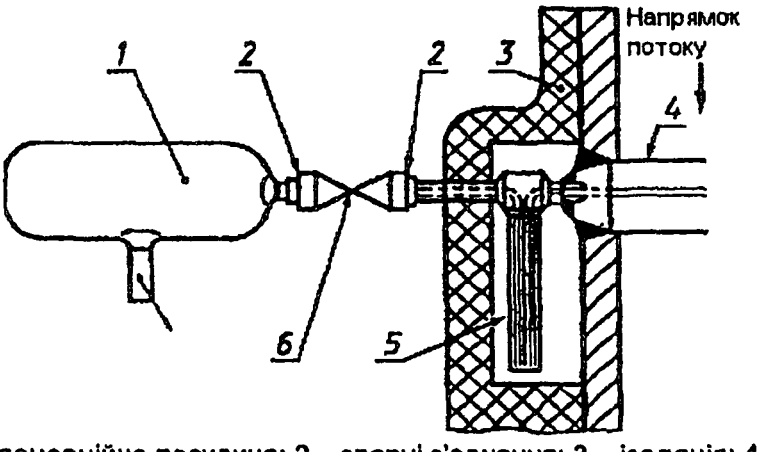


ППТ розміщено: а) – нижче ЗП; б) – вище ЗП (за $p > 2$ кгс/см^2);
в) – вище ЗП (за $p \leq 2$ кгс/см^2)

Рисунок 3 – Схеми розташування зрівнювальних посудин і з'єднувальних трубок

Схема розташування зрівнювальних посудин і з'єднувальних трубок, наведена на рисунку 3, в), є допустимою за $p \leq 0,2$ МПа і відстані між посудиною і трубопроводом не більше ніж 4 м. При цьому трубки, які з'єднують ЗП з посудинами, повинні мати внутрішній діаметр 25 мм.

6.2.3.6 Під час роботи з парою високого тиску і високої температури застосовують підігрівні циліндри з пастками, об'єм яких повинен дорівнювати об'єму зрівнювальних посудин. Схема розташування підігрівальних циліндрів і пасток на ВТ зображена на рисунку 4.



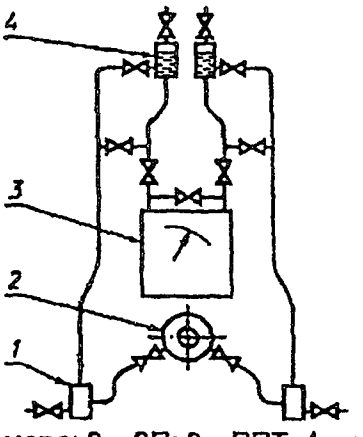
1 – конденсаційна посудина; 2 – зварні з'єднання; 3 – ізоляція; 4 – ЗП;
5 – пастка; 6 – кран; 7 – з'єднувальна трубка

Рисунок 4 – Монтаж апаратури для пари високого тиску та високої температури на вертикальному трубопроводі

6.2.4 Відстійні камери

6.2.4.1 Під час вимірювань витрати рідини, пари і газу, в яких є суспензія або волога (у газах), застосовують відстійні камери.

6.2.4.2 Відстійні камери розміщують в нижній точці з'єднувальних трубок (див. рисунок 5).



1 – відстійна камера; 2 – ЗП; 3 – ППТ; 4 – збірник повітря

Рисунок 5 – Схема з'єднань відстійної камери для вимірювання витрати води при встановленні ППТ вище ЗП

6.2.4.3 На рисунку 6 зображено типову модель відстійної камери. Зверху резервуара повинен бути вільний простір, який забезпечує доступ до продувного крана. Кран повинен бути кульовим, щоб його можна було промивати і очищати у разі засмічення або утворення накипу.

6.2.4.4 Розміри відстійної камери визначають необхідністю чищення і технічного догляду, а також кількістю твердих частинок в протікаючому потоці або (і) ступенем конденсації.

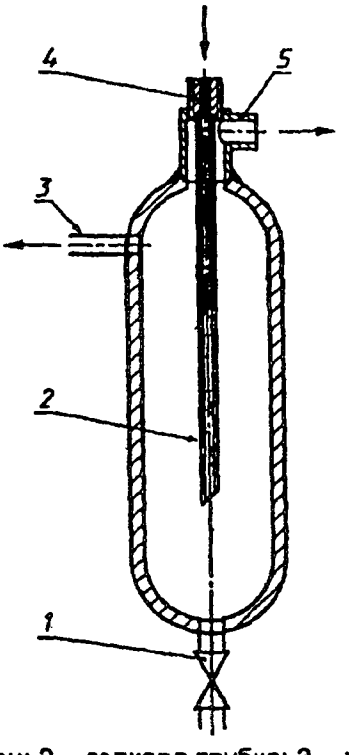
6.2.5 Газозбірні камери

6.2.5.1 Під час вимірювання витрати рідини, яка містить газ, можливе скупчення газу в з'єднувальних трубках.

Для усунення скупчення газу ППТ встановлюють нижче ЗП, а з'єднувальні трубки розташовують під сталим нахилом вниз від ЗП до ППТ.

За необхідності встановлення ППТ вище ЗП встановлюють газозбірні камери.

6.2.5.2 Газозбірні камери встановлюють вище ППТ.



1 – продувний кран; 2 – голкова трубка; 3 – вихідний патрубок; 4 – вхідний патрубок; 5 – вентиляційний патрубок

Рисунок 6 –Відстійна камера

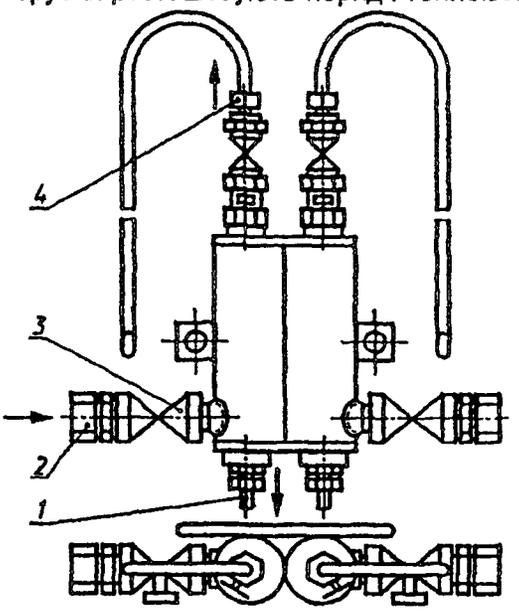
6.2.5.3 Рекомендовану форму газозбірної камери показано на рисунку 7.

6.2.6 Способи захисту з'єднувальних трубок за низької температури довкілля

6.2.6.1 Для захисту від замерзання рідини в з'єднувальних трубках за низької температури довкілля застосовують обігрівачі (електронагрівачі, парові змійовики та ін.).

Способи захисту від дії низьких температур вибирають залежно від конкретних умов.

6.2.6.2 Нагрівання повинно бути рівномірним для всіх з'єднувальних трубок і їх допоміжних вузлів. З'єднувальні трубки розташовують поряд і теплоізолюють.



1 – вихідний патрубок; 2 – вхідний патрубок; 3 –кран;
4 – вентиляційний патрубок
Рисунок 7 – Газозбірні камери

6.2.6.3 Мінімальна температура нагрівання з'єднувальних трубок повинна бути вищою за температуру замерзання рідини (для рідинних середовищ) або вищою за температуру утворення конденсату (для газоподібних середовищ).

Максимальна температура нагрівання з'єднувальних трубок не повинна перевищувати температуру кипіння вимірюваного рідинного середовища і допустиму температуру середовища для застосованого ППТ.

6.2.6.4 Рекомендовано застосовувати підігрівання холодних з'єднувальних трубок малого діаметра, щоб уникнути їх засмічення у разі вимірювання витрати в'язких гарячих рідин.

6.2.7 Роздільні посудини

6.2.7.1 Якщо середовище спричиняє корозію, має здатність до конденсації або замерзання в з'єднувальних трубках, має дуже високу в'язкість або може утворити накип, то застосовують роздільні посудини, заповнені рідиною, які відділяють середовище від ППТ або від зрівнювальної рідини, яку застосовують в ППТ.

Проте слід мати на увазі, що роздільна рідина не буде захищати з'єднувальні трубки між отворами для відбирання тиску і роздільними посудинами.

6.2.7.2 Роздільні посудини застосовують з перегородками або без них.

У роздільних посудинах без перегородок роздільна рідина не повинна змішуватися або вступати в хімічну реакцію з вимірюваним середовищем або зрівноважувальною рідиною, і її густина повинна значно відрізнятися від густини цих двох речовин для забезпечення постійності контактування поверхонь.

6.2.7.3 За відсутності перепаду тиску поверхня розділу між вимірюваним середовищем і роздільною рідиною повинна бути на одному і тому самому рівні в обох посудинах.

6.2.7.4 Застосування роздільних посудин впливає на покази ППТ так, що перепад тиску на ЗП є більшим за різницю тиску в ППТ.

Впливом роздільних посудин на покази ППТ можна знехтувати за умови, якщо виконується нерівність

$$\frac{F}{V_в} \geq 2 \cdot 10^4 \cdot \left| \frac{\rho_р - \rho'}{\Delta p_в} \right|, \qquad (6.1)$$

де F – площа поперечного перерізу роздільної посудини, м^2;

$V_в$ – об'єм рідини, яка перетікає з роздільної (або зрівнювальної) посудини в ППТ в разі зміни витрати від нуля до q_{max}, м^3;

$\rho_р$ – густина роздільної рідини, кг/м^3;

ρ' – густина вимірюваного середовища за тиску p і температури роздільної посудини, кг/м^3.

Покази ЗВ перепаду тиску з роздільними посудинами, для яких не виконується ця нерівність, коректують враховуючи переміщення рівня розділу в роздільній посудині. В [1] наведено метод розрахунку перепаду тиску в разі застосування роздільних посудин у випадку порушення умови, вираженої нерівністю (6.1).

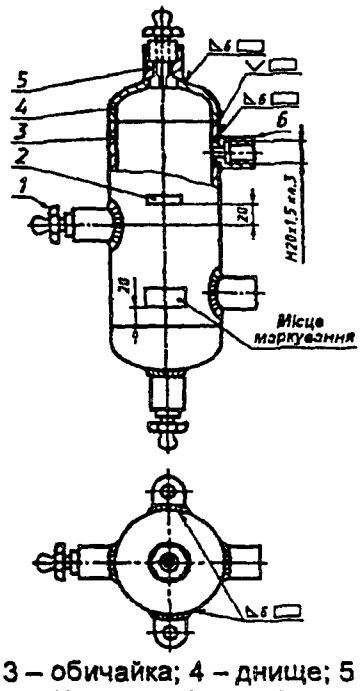
6.2.7.5 Роздільні посудини повинні бути якомога ближче до отворів для відбирання тиску. В додатку В показано різні варіанти схем встановлення роздільних посудин.

Під час вимірювання витрати газу роздільні посудини розташовують вище ЗП, а ППТ може бути розташовано вище або нижче ЗП. У разі розташування ППТ нижче ЗП під час вимірювання витрати газу допускають приєднання з'єднувальних трубок до бічних штуцерів роздільних посудин.

Під час вимірювання витрати рідини роздільні посудини розташовують нижче ЗП, а ППТ може бути розташовано вище або нижче ЗП. Якщо ППТ розміщено вище ЗП, то у верхніх точках з'єднувальних трубок встановлюють газозбірні камери (див. 6.2.5). Допускають приєднання з'єднувальних трубок до бічних штуцерів роздільних посудин.

6.2.7.6 Якщо середовище може замерзнути або конденсуватися в з'єднувальних трубках, то патрубки отворів для відбирання тиску разом із з'єднувальними трубками покривають теплоізоляцією або обігрівають.

6.2.7.7 Місткість роздільних посудин повинна бути більшою за об'єм середовища за максимального його переміщення в ППТ. Під час проектування роздільних посудин забезпечують рівність діаметрів по всій їх довжині. Приклад конструкції роздільної посудини наведено на рисунку 8.



1 – пробка; 2 – вушко; 3 – обичайка; 4 – днище; 5 – штуцер; 6 – штуцер

Рисунок 8 – Конструкція роздільної посудини

6.2.7.8 У разі неможливості підібрати роздільну рідину з необхідними хімічними і фізичними характеристиками застосовують роздільні посудини з перегородками. Перегородками можуть слугувати м'які мембрани і сильфони. Характеристика «навантаження/переміщення» перегородок повинна бути ідентичною для двох роздільних посудин.

6.2.7.9 Для видалення скупчення газу в конструкції роздільної посудини передбачають вентиляційні пристрої.

6.2.7.10 Приклади роздільних рідин і їхні характеристики наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Характеристики роздільних рідин

Назва рідини	Густина за, 20 °С, кг/м^3	Температура, °С	
		замерзання	кипіння
Дибутилфталат	1047	-35	340
Гліцерин	1262	-17	200
Суміш води з гліцерином (об'ємне співвідношення –1:1)	1130	-22,5	106
Етиловий спирт	789	-112	78
Етиленгліколь	1113	-12	197
Суміш води з етиленгліколем (об'ємне співвідношення –1:1)	1070	-36	110

6.2.8 Очисна система

6.2.8.1 Очисну систему, приклад встановлення якої наведено на рисунку 9, призначено для захисту з'єднувальних трубок і ППТ від попадання забруднених або агресивних речовин. Очисні системи можуть замінювати одночасно роздільні посудини та відстійні камери.

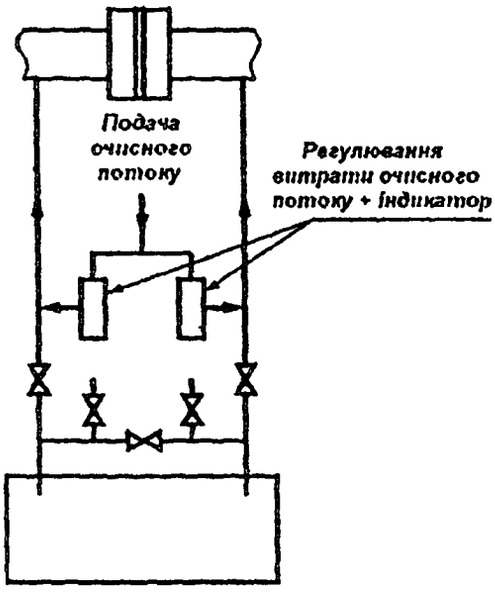


Рисунок 9 – Приклад встановлення очисної системи

6.2.8.2 Під час застосування очисних систем поперечний переріз по всій довжині з'єднувальних трубок повинен бути сталим. З'єднувальні трубки, підключені до плюсової та мінусової камери усереднення, повинні мати однакову довжину та однакову кількість секційних з'єднань.

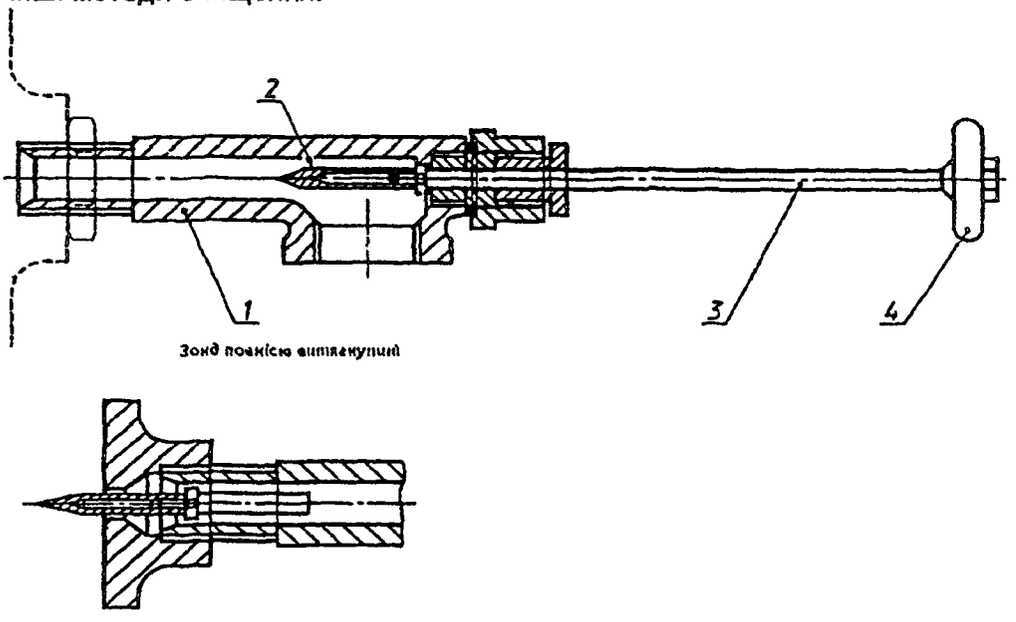
6.2.8.3 Для підтримання однакових витрат очисного потоку в обох з'єднувальних трубках в очисній системі встановлюють витратоміри (наприклад, ротаметри) між продувним краном і точкою введення очисного потоку в з'єднувальну трубку.

6.2.8.4 Необхідно стежити за тим, щоб очищення не впливало на покази ППТ і на температурну рівновагу між двома з'єднувальними трубками.

6.2.8.5 Газ, який використовують як очисну речовину, вводять у з'єднувальні трубки під великим тиском, порівняно з тиском середовища.

Очисний потік регулюють за допомогою голкового вентиля.

6.2.8.6 За недостатньої ефективності описаних вище методів очищення для захисту отворів для відбирання тиску від забруднення використовують зонди (рисунок 10) або застосовують інші методи очищення.



1 – корпус; 2 – головка зонда; 3 – вісь зонда; 4 – рукоятка

Рисунок 10 – Зонд

6.2.9 З'єднувальні трубки (лінії)

6.2.9.1 ППТ повинен бути якомога ближче до ЗП. Рекомендовано, щоб довжина з'єднувальних трубок не перевищувала 16 м. За необхідності застосування більших довжин доцільно використовувати електричну або пневматичну передачу.

6.2.9.2 Щоб уникнути спотворення перепаду тиску, яке виникає через різницю температури трубок, дві з'єднувальні трубки повинні бути поряд.

У випадку небезпеки нагрівання або охолодження заповнених рідиною з'єднувальних трубок за їх вертикального або похилого розташування, їх спільно теплоізолюють.

6.2.9.3 В разі застосування з'єднувальних трубок, складених з окремих секцій, діаметр умовного проходу цих секцій повинен бути однаковим.

Внутрішній діаметр з'єднувальних трубок повинен бути більшим за 6 мм.

У випадку небезпеки конденсації середовища, яке є в з'єднувальних трубках, або утворення в ньому бульбашок газу, то внутрішній діаметр з'єднувальних трубок повинен бути не меншим, ніж 10 мм.

Рекомендовані значення внутрішніх діаметрів з'єднувальних трубок наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Внутрішній діаметр з'єднувальних трубок

Тип середовища	Значення внутрішнього діаметра (мм) при довжині трубок, м		
	до 16	16–45	45–90
Сухий газ, вода, пара	від 6 до 9 включно	10	10
Повітря або вологий газ (тобто виникає небезпека конденсації в з'єднувальних трубках)	13	13	13
В'язкі рідини	13	19	25
Забруднені газ або рідина	25	25	38

6.2.9.4 З'єднувальні трубки встановлюють з нахилом до горизонталі більше ніж 1:12. Такий нахил забезпечує рух конденсату і твердих частинок вниз до обігрівних відстійників або циліндрів, а бульбашок газу вверх – до газозбірних камер.

Допускається нахили робити ступінчастими за умови, що відстійні камери є у всіх нижніх точках, а газозбірні камери – у всіх верхніх точках.

6.2.9.5 Різниця довжини з'єднувальних трубок ППТ повинна бути якомога меншою.

6.2.9.6 У разі підключення до ЗП двох або більше ППТ допускається під'єднувати з'єднувальні трубки одного ППТ до з'єднувальних трубок іншого, при цьому відстані від ЗП до місця під'єднання з'єднувальних трубок приєднуваного ППТ мають бути однакові, наскільки це можливо.

6.2.10 Запірна арматура вимірювального перетворювача перепаду тиску або дифманометра

6.2.10.1 ППТ оснащують приєднувальними (роз'єднувальними), продувними і зрівнювальними кранами (вентилями). Ці пристрої (всі або частина з них) може бути конструктивно виконано в одному блоці.

6.2.10.2 Приєднувальні крани (вентилі) призначено для підключення (відключення) ППТ до з'єднувальних трубок.

При роботі ППТ в режимі вимірювання приєднувальні крани (вентилі) повинні бути повністю відкриті.

6.2.10.3 Продувні крани (вентилі) призначено для очищення з'єднувальних трубок.

Під час роботи ППТ в режимі вимірювання продувні крани (вентилі) повинні бути закриті.

Для чистих середовищ функції продувних кранів (вентилів) можуть виконувати засоби вентиляції камер ППТ.

6.2.10.4 Зрівнювальний кран (вентиль) призначено для створення нульового значення перепаду тиску на ППТ.

Під час цієї операції приєднувальні й продувні крани (вентилі) повинні бути закриті.

Під час роботи ППТ в режимі вимірювання зрівнювальний кран (вентиль) має бути закрито.

Під час продування з'єднувальних трубок і камер ППТ зрівнювальний кран (вентиль) має бути відкритий.

6.2.10.5 В додатку Г наведено різні схеми приєднання ППТ під час вимірювання витрати та кількості різних середовищ.

6.2.11 Вимірювання тиску середовища

6.2.11.1 Тиск середовища – це сума надлишкового й атмосферного тиску

$$p = p_н + p_а. \qquad (6.2)$$

6.2.11.2 ЗВ абсолютного або надлишкового тиску підключають до окремого отвору перед ЗП, розміщеного в перерізі ВТ в місці встановлення отвору для відбирання перепаду тиску.

Допускається підключення вимірювального перетворювача тиску або манометра до «плюсової» з'єднувальної трубки ППТ.

6.2.11.3 Вимірювання абсолютного або надлишкового тиску конденсувального газу й пари у разі застосування конденсаційних посудин виконують, врахувуючи різницю висот встановлення ЗП і вимірювального перетворювача тиску або манометра.

В цьому разі тиск обчислюють за формулою

$$p = p_п - \rho_к g h,$$

де $p_п$ – показ вимірювального перетворювача або манометра абсолютного тиску або сума показів вимірювального перетворювача або манометра надлишкового і атмосферного тиску, Па;

$\rho_к$ – густина конденсату в з'єднувальній трубці, кг/м^3;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2;

h – різниця між висотою встановлення конденсаційної посудини і вимірювального перетворювача тиску або манометра, м.

6.2.11.4 Атмосферний тиск вимірюють в місці розташування вимірювального перетворювача або манометра надлишкового тиску, якщо останній розміщено в замкнутому просторі за наявності піддування, яке створюють системи кондиціонування.

6.2.11.5 Атмосферний і (або) надлишковий тиск може бути прийнято за умовно-сталу величину. В цьому разі враховують відповідний складник невизначеності результату вимірювання тиску (див. 10.4.4).

6.3 Засоби вимірювання температури

6.3.1 Термодинамічну температуру середовища обчислюють за формулою:

$$T = 273{,}15 + t. \qquad (6.3)$$

6.3.2 Температуру середовища вимірюють на прямолінійній ділянці ВТ до або після ЗП.

У всіх випадках необхідно намагатись, щоб ПТ або його захисна гільза (за її наявності) якомога менше захаращували прохідний переріз ВТ.

6.3.3 ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) занурюють у ВТ на глибину (0,3-0,7)*D*.

У разі вимірювання витрати пари або середовища, температура якого перевищує 120 °С, рекомендується ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) занурювати у ВТ на глибину від 0,5*D* до 0,7*D*.

6.3.4 Найкращим розташуванням ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) в разі їх встановлення є радіальне (рисунок 11, а)).

Допускається розташовувати їх похило, як показано на рисунках 11, б) і 11, г), або встановлювати за ЗП в коліні, як показано на рисунку 11, в). Зазначений напрямок потоку на рисунках 11, б) і в) – є рекомендованим.

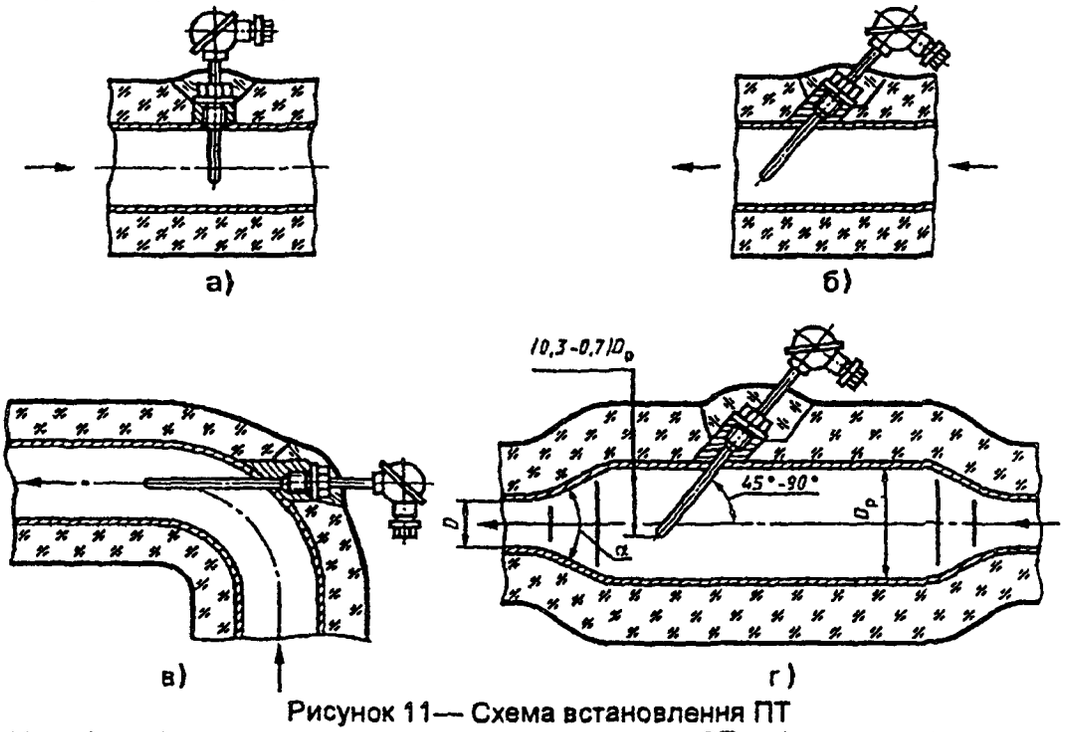


Рисунок 11— Схема встановлення ПТ

6.3.5 У разі вимірювання температури середовища до ЗП слід керуватися наведеними нижче положеннями:

а) якщо діаметр D_t задовольняє умову $0{,}03D < D_t \le 0{,}13D$, то:

- встановлення ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) на відстані, не меншій, ніж 20*D* від ЗП, не впливає на покази витратоміра;
- при встановленні ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) від ЗП на відстані $10D \le l_t < 20D$ до невизначеності коефіцієнта витікання слід арифметично додати величину, яка дорівнює $1\text{-}l_t/(20D)$;
- ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) не допускається встановлювати на відстані, меншій, ніж 10*D* від ЗП;

- для труб Вентурі відстань від точки розміщення ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) до перерізу, в якому здійснюється відбирання тиску до ЗП, повинна бути не меншою, ніж $4D$.

б) якщо діаметр D_t задовольняє умову $D_t \le 0{,}03D$, то:

- встановлення ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) на відстані не меншій, ніж $5D$ від ЗП не впливає на покази витратоміра;

- у разі встановлення ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) від ЗП на відстані $3D \le l_t < 5D$ до невизначеності коефіцієнта витікання слід арифметично додати величину, яка дорівнює 0,5 %;

- ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) не дозволяється встановлювати на відстані, меншій ніж $3D$ до ЗП;

в) відстань між ЗП і ПТ не повинна перевищувати $30D$;

г) між ЗП і ПТ або його захисною гільзою (за її наявності) повинні бути відсутні місцеві опори.

6.3.6 У разі вимірювання температури потоку після ЗП слід виконувати такі вимоги:

а) ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) не дозволено встановлювати від ЗП на відстані, більшій, ніж $15D$;

б) якщо діаметр D_t не перевищує $0{,}13D$, то ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) встановлюють на відстані, не меншій, ніж $5D$ від ЗП (крім труби Вентурі);

в) якщо діаметр D_t не перевищує $0{,}13D$, для труби Вентурі ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) розміщують в перерізі ВТ, розташованому на відстані, не меншій, ніж $2D$ від дифузора;

г) якщо діаметр D_t є більшим, ніж $0{,}13D$, але не перевищує $0{,}26D$, то ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) встановлюють на відстані від ЗП, яка задовольняє дві умови: $l_t \ge 5D$ і $l_t \ge (8{,}55\beta^{0{,}55})D$;

д) якщо діаметр $D_t > 0{,}26D$, то ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) встановлюють в розширювач відповідно до 6.3.7;

е) допускається встановлювати ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) в коліні відповідно до рисунка 11, в);

ж) між ЗП і ПТ або його захисною гільзою (за її наявності) не повинно бути місцевих опорів.

6.3.7 На рисунку 11, г) показано схему встановлення ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) в розширювачі. Внутрішній діаметр розширювача повинен бути не меншим, ніж $3{,}85D_t$. Відстань між ЗП і найближчою межею розширювача (перерізом переходу ВТ в конус) у разі застосування діафрагм і сопел повинна бути не меншою, ніж $8{,}55\beta^{0{,}55}D$, а у разі застосування труби Вентурі – $4d$. Відстань між ЗП і ПТ або його захисною гільзою (за її наявності) не повинна перевищувати $15D$.

Якщо вісь отвору ВТ для встановлення ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) розміщено на відстані від місця з'єднання дифузора з циліндричною частиною розширювача не більше ніж $2{,}5D_p$, то необхідності у формуванні безвідривного потоку в дифузорі немає, тому сам дифузор може мати будь-яку конусність, чи бути виконаним у вигляді переходів відповідно до ГОСТ 17378.

У разі розміщення ПТ або його захисної гільзи (за її наявності) далеко від місця з'єднання дифузора з циліндричною частиною розширювача (понад $2{,}5D_p$), дифузор рекомендовано виконувати з кутом розширення α (див. рисунок 11, г)), який не перевищує значень, наведених в таблиці 5, залежно від відношення площ перерізів розширювача і трубопроводу.

Таблиця 5 – Значення кута розширення α, які забезпечують безвідривну течію середовища в дифузорі

$(D_p/D)^2$	1,5	2	2,5	3	3,5	4
$\alpha°$	28	22	16	12	9	6

6.3.8 Якщо середовище – газ, то за наявності великих втрат тиску ($\Delta\omega > 1{,}6 \cdot 10^5$ Па) на ЗП необхідно обчислювати температуру до ЗП за виміряною температурою після ЗП за формулою:

$$T = T_2 + \mu_{JT} \cdot \Delta\omega,$$

де T_2 – виміряне значення температури після ЗП, К.

Втрату тиску $\Delta\omega$ на ЗП слід визначати згідно з ГОСТ 8.586.2 (5.4), ГОСТ 8.586.3 (5.1.8, 5.2.8 і 5.3.6), ГОСТ 8.586.4 (5.9), залежно від типу ЗП. Коефіцієнт Джоуля—Томсона, μ_{JT}, визначають відповідно до ГОСТ 8.586.1 (3.3.8).

6.3.9 У разі встановлення ПТ в гільзу (кишеню) забезпечують надійний тепловий контакт, заповнюючи гільзу, наприклад, рідким мастилом. ПТ занурюють в гільзу на повну її глибину (з монтажним зазором). Рекомендовано, щоб зазор між бічними стінками гільзи і ПТ не перевищував 0,5 мм.

Частина ПТ, яка виступає над ВТ, повинна мати термоізоляцію, якщо температура потоку відрізняється від температури навколишнього середовища більше ніж на 40°С.

Рекомендовано ПТ або його захисну гільзу (за її наявності) термоізолювати від стінки ВТ.

Примітка. У разі встановлення ПТ додатково рекомендовано виконувати вимоги викладені в [2].

6.4 Засоби вимірювання густини, складу й вологості середовища

6.4.1 Визначення густини за робочих умов середовища

6.4.1.1 Густину середовища за робочих умов допускається визначати прямим методом вимірювання, застосовуючи густиноміри будь-якого типу, які не змінюють структури потоку, або непрямими методами вимірювання.

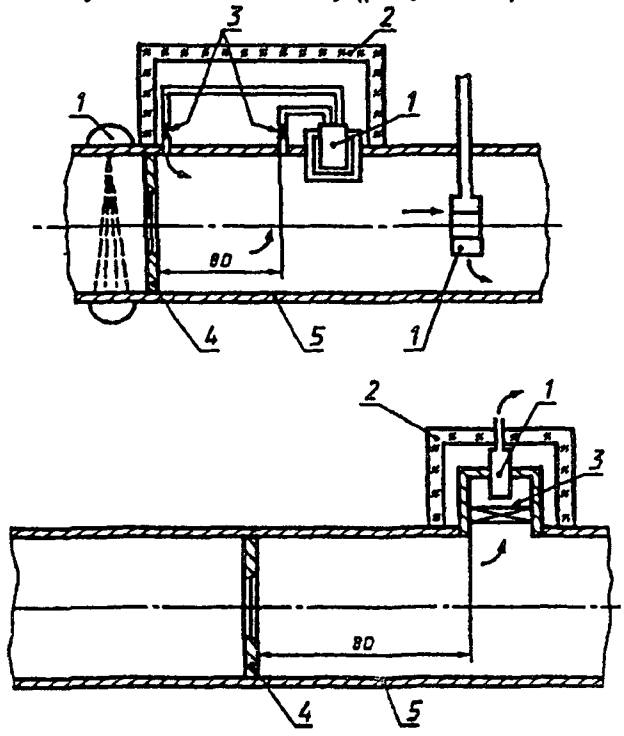
6.4.1.2 Точку відбирання проби газу розташовують у верхній, а рідин – в нижній частині горизонтальної ділянки трубопроводу.

Точки відбирання проби розташовують на ділянці трубопроводу, де швидкість потоку є більшою за нуль і немає завихрень.

6.4.1.3 Якщо густиномір розміщено у внутрішній порожнині труби, то відстань між ним і ЗП повинна становити:

- не менше зазначеної для ПТ в 6.3.5 (у разі відповідності діаметра занурюваної в порожнину трубопроводу частини густиноміра діапазону значень діаметра ПТ) – за його встановлення до ЗП;
- не менше $8D$ – за його встановлення після ЗП.

6.4.1.4 Зміну густини середовища відстежують, створюючи потік через чутливий елемент густино міра, відгалужуючи частину загального потоку (рисунок 12).



1 –густиномір; 2 –теплоізоляція; 3 –вентиль; 4 – звужувальний пристрій; 5 – трубопровід

Рисунок 12 – Схеми встановлення густиномірів

6.4.1.5 Для очищення проби від домішок на вході густиномірів допускається застосовувати фільтри та осушувачі. Проте ці пристрої не повинні змінювати склад середовища.

6.4.1.6 Однаковість температури вимірюваного середовища й проби середовища, що є в чутливому елементі густиноміра, забезпечують, розміщуючи густиномір в потоці вимірюваного середовища і теплоізолюючи від зовнішнього середовища всі його елементи, в яких є проба, і які контактують із зовнішнім середовищем до попадання цієї проби в чутливий елемент густиноміра.

6.4.1.7 В загальному випадку значення тиску та температури, а отже, і густини в чутливому елементі густиноміра можуть відрізнятися від значень цих параметрів в місці відбирання тиску перед ЗП.

За неможливості забезпечення однаковості температури та тиску середовища та його проби, що є в чутливому елементі густиноміра, вводять корекцію показів густиноміра.

При цьому густину середовища обчислюють за формулами:

- для газу

$$\rho = \frac{\rho_0 p T_\rho}{p_\rho T} = \rho_0 \left(\frac{p}{p - \Delta p_\rho} \right) \cdot \left(\frac{T - \Delta T_\rho}{T} \right); \qquad (6.4)$$

- для рідини

$$\rho = \rho_0 \cdot \left(1 - \beta_T \Delta T_\rho + \gamma_p \Delta p_\rho\right), \qquad (6.5)$$

де ρ_0 – покази густиноміра;

p_ρ – тиск газу в чутливому елементі густиноміра, Па;

Δp_ρ – різниця тиску в місці відбирання тиску перед ЗП і на чутливому елементі густиноміра, Па;

T_ρ – температура газу в чутливому елементі густиноміра, К;

ΔT_ρ – різниця температури в місці відбирання тиску перед ЗП і на чутливому елементі густиноміра, К;

β_T – коефіцієнт об'ємного розширення рідини (відносна зміна густини рідини за ізобарного збільшення її температури на одиницю);

γ_p – коефіцієнт стисливості рідини (відносна зміна густини рідини за ізотермічного зменшення її тиску на одиницю).

6.4.1.8 Конструкція густиноміра та його монтаж повинні забезпечити можливість перевірки виконання вимог 6.4.1.1–6.4.1.7.

6.4.1.9 У разі визначення густини за робочих умов непрямим методом користуються значеннями параметрів середовища, необхідними для виконання розрахунку. Наприклад, густину газів за робочих умов може бути визначено за їх густиною за стандартних умов, тиском і температурою (для сумішей газів додатково – за компонентним складом згідно з ГОСТ 30319.1), а також за значеннями тиску й температури (для водяної пари згідно з [3]). Густину рідини може бути визначено за значеннями тиску й температури (для сумішей рідин додатково – за компонентним складом, наприклад, згідно з ГОСТ 28656).

6.4.2 Визначення густини газу за стандартних умов

6.4.2.1 Для визначення густини середовища за стандартних умов допускається застосовувати прямі методи, застосовуючи густиноміри будь-якого типу, які не змінюють структури потоку, і непрямі методи вимірювань.

6.4.2.2 У разі відбирання проб для лабораторного визначення густини газу за стандартних умов керуються вимогами ГОСТ 18917.

Якщо застосовують прямий метод відбирання проб, коли пробу відбирають з потоку і безпосередньо передають аналітичному приладу, то рекомендовано керуватися вимогами [4].

Точку відбирання проби може бути розміщено на ВТ або до ЗП або після нього.

У разі розміщення точки відбирання проб на ВТ після ЗП відстань між ЗП і забірною трубкою повинна бути за $\beta \le 0{,}2$ не меншою, ніж $4D$, і за $\beta > 0{,}2$ – не меншою, ніж значення $8{,}55\beta^{0{,}55}D$, округлене до більшого цілого числа.

У разі розміщення точки відбирання на ВТ до ЗП відстань між ЗП і забірною трубкою повинна бути не меншою, ніж $20D$.

6.4.2.3 Допускається визначати густину за стандартних умов за допомогою пікнометричного методу відповідно до ГОСТ 17310.

6.4.2.4 Рекомендовано частоту вимірювання густини за стандартних умов встановлювати, враховуючи невизначеність результатів її вимірювання і можливих змін значення густини за заданий період (наприклад, доба, місяць). Кількість вимірювань за заданий період обчислюють за формулою:

$$n = 1 + \exp\left\{\frac{CZ}{2B} + \sqrt{\left(\frac{CZ}{2B}\right)^2 + \frac{(Z-A)}{B}}\right\}, \qquad (6.6)$$

де n – необхідна кількість проб;

$Z = 2\ln(S/U_{\rho_c})$;

A = -8,04445;

B = 2,50960;

C = 2,82837;

U_{ρ_c} – розширена абсолютна невизначеність результату вимірювання ρ_c;

S -- оцінку середнього квадратичного відхилу результату вимірювання ρ_c обчислюють за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\rho_{ci}^2 - \frac{1}{m}\left(\sum_{i=1}^{m}\rho_{ci}\right)^2}{m-1}}, \qquad (6.7)$$

де m – кількість проб ($m \geq 4$), які рівномірно відібрано за заданий період;

ρ_{ci} – значення густини за стандартних умов, отримане в результаті аналізу i-ї проби.

Примітка. Формулу (6.6) отримано на основі положень, викладених в [4].

6.4.2.5 Густину за стандартних умов сумішей газів допускається визначати за компонентним складом відповідно до вимог нормативних документів (наприклад, для природного газу за ГОСТ 30319.1).

6.4.3 Визначення компонентного складу

6.4.3.1 Для визначення компонентного складу середовища застосовують хроматографи будь-якого типу, які не змінюють складу цього середовища.

6.4.3.2 У разі визначення місця відбирання проб керуються вимогами 6.4.2.2.

6.4.3.3 Компонентний склад визначають відповідно до вимог ГОСТ 23781, ГОСТ 10679.

6.4.4 Визначення вологості газу

6.4.4.1 Для визначення вологості газу застосовують вологоміри будь-якого типу, які вимірюють температуру конденсації пари вологи (температуру точки роси), масовий і (або) об'ємний вміст водяної пари в одиниці об'єму газу.

6.4.4.2 У разі визначення місця відбирання проб керуються вимогами 6.4.2.2.

6.4.4.3 Вологість природних газів визначають відповідно до вимог ГОСТ 20060.

6.4.5 Додаткова рекомендація

Для визначення густини за стандартних умов, складу і вологості газу проби рекомендовано відбирати з однієї точки.

6.5 Обчислювальні пристрої

6.5.1 Обчислювальний пристрій повинен автоматично обчислювати параметри потоку і середовища, а також витрату середовища відповідно до 5.2 і кількість середовища відповідно до 5.3.

У разі обчислення витрати та кількості середовища допустимо застосовувати спрощені формули. Додатковий вклад у невизначеність результатів обчислення від введених спрощень визначають відносно результатів обчислень, виконаних згідно з вимогами підрозділів 8.2 і 8.3 цього стандарту.

6.5.2 Обчислювальний пристрій повинен контролювати дотримання методичних обмежень на застосування ЗП і технологічних обмежень на значення вимірюваних величин.

6.5.3 Обчислювальний пристрій повинен формувати архівні бази даних про результати вимірювання і обчислення, нештатні ситуації та втручання оператора (зміну даних, які впливають на результати вимірювання і обчислення).

6.5.4 Обчислювальний пристрій повинен подавати результати вимірювання і обчислення, а також дані про конфігурацію обчислювального пристрою на внутрішні і(або) зовнішні пристрої відображення інформації.

6.5.5 Обчислювальний пристрій повинен забезпечувати можливість роздрукування архівної та підсумкової інформації на принтер безпосередньо або за допомогою пристроїв приймання/передавання інформації (переносного пристрою збирання інформації, комп'ютера тощо).

6.5.6 В обчислювальному пристрої має бути передбачено захист інформації, яка зберігається в ньому, від можливості її спотворення.

6.5.7 Деталізацію перерахованих в 6.5.1–6.5.6 функцій обчислювального пристрою та необхідність додаткових його функцій встановлюють зацікавлені сторони або відповідний нормативний документ (за його наявності).

7 ПІДГОТУВАННЯ ДО ВИМІРЮВАНЬ

7.1 Перед введенням в експлуатацію технічних засобів перевіряють відповідність вимогам:

- прямолінійних ділянок ВТ – ГОСТ 8.586.1 (розділ 7);
- монтажу з'єднувальних трубок – розділу 6;
- конструкції ЗП – ГОСТ 8.586.2, ГОСТ 8.586.3 або ГОСТ 8.586.4;
- монтажу ЗВ параметрів потоку і середовища – розділу 6 і монтажно-експлуатаційної документації;
- умов застосування ЗП – ГОСТ 8.586.1 (розділ 6).

Періодично, не рідше ніж один раз на рік, починаючи з моменту введення в експлуатацію комплекту ЗВ і технічних засобів, перевіряють:

- ЗВ на відповідність вимогам розділу 4;
- наявність документації або відповідних відміток, які допускають ЗВ до експлуатації;
- коректність конфігурації обчислювального пристрою у складі ЗВ витрати та кількості середовища, за його наявності.

Періодично, не рідше ніж один раз на місяць (якщо іншу періодичність не встановлено вимогами безпеки), починаючи з моменту введення в експлуатацію комплекту ЗВ і технічних засобів, перевіряють герметичність всіх вузлів з'єднань, в яких є середовище.

7.2 Допускається за домовленістю між зацікавленими сторонами перевірку комплекту ЗВ і технічних засобів проводити частіше, ніж це зазначено в 7.1.

8 ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

8.1 Обчислення витрати середовища

8.1.1 Вихідні дані та застосовувані формули

8.1.1.1 Вихідні дані

Для розрахунку витрати середовища необхідні такі вихідні дані:

- тип ЗП;
- спосіб відбирання перепаду тиску (для діафрагм);
- діаметр отвору ЗП d_{20};
- внутрішній діаметр ВТ D_{20};
- середній арифметичний відхил профілю шорсткості Ra або еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні ВТ $R_ш$;
- матеріал, з якого виготовлено ЗП;
- матеріал, з якого виготовлено прямолінійну ділянку ВТ безпосередньо перед ЗП;
- у разі застосування діафрагм початковий радіус $r_н$ вхідного канта діафрагми і час $\tau_т$ експлуатації діафрагми з моменту визначення $r_н$ або міжконтрольного інтервалу ЗП – $\tau_у$;
- для суміші газів (зокрема природного газу) – повний її склад або (для природного газу) – молярні частки діоксиду вуглецю $x_у$ і азоту $x_а$ в газі і його густина за стандартних умов $\rho_с$;

- густина середовища за робочих умов ρ (за наявності густиноміра);
- перепад тиску на ЗП Δp;
- абсолютний тиск p середовища або надлишковий тиск $p_м$ середовища і атмосферний тиск $p_а$;
- температура середовища t.

Примітка. Деякі з вищеперерахованих параметрів або характеристик залежно від конкретного виду застосовуваних основних розрахункових формул можна не використовувати.

8.1.1.2 Визначення значень вихідних величин

Значення параметрів і характеристик ЗП і ВТ (d_{20}, D_{20}, $R_ш$, $r_н$ і $\tau_т$ або $\tau_у$, а також марки матеріалів, з яких виготовлено ВТ і ЗП) беруть згідно з сертифікатами або актами вимірювання геометричних параметрів ЗП і ВТ.

Фізико-хімічні параметри суміші газів – повний склад суміші або (для природного газу) $\rho_с$, $x_у$, $x_а$, а також параметри потоку – Δp, t, p (або $p_м$ і $p_а$) знаходять вимірюванням відповідно до вимог цього стандарту.

8.1.1.3 Формули, які застосовують для обчислення витрати середовища

Для розрахунку витрати середовища застосовують формули, які вказано в таблиці 6.

Таблиця 6 – Формули, які застосовують у разі розрахунку витрати середовища

№ з/п	Назва розрахункового параметра	Позначення стандарту і номер формули або пункту для таких типів ЗП						
		Діафрагма	Сопло ИСА 1932	Еліпсне сопло	Сопло Вентурі	Труба Вентурі з литою необробленою вхідною конічною частиною	Труба Вентурі з обробленою вхідною конічною частиною	Труба Вентурі зі зварною вхідною конічною частиною з листової сталі
1	Коефіцієнти $K_т$ і $K_{су}$	ГОСТ 8.586.1 [формули (5.6), (5.7)]						
2	Діаметр отвору ЗП, d	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)]						
3	Внутрішній діаметр ВТ, D	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)]						
4	Відносний діаметр отвору ЗП, β	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.1)]						
5	Коефіцієнт швидкості входження, E	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.6)]						
6	Поправковий коефіцієнт, $K_п$	ГОСТ 8.586.2 (5.3.2.4)	Значення $K_п$ дорівнює 1					
7	Коефіцієнт розширення, ε	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.2)]					
8	Число Рейнольдса	Формули (5.9) – (5.11)						
9	Коефіцієнт витікання	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.1)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.6)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.7)]	ГОСТ 8.586.4 [формули (5.1), (5.2)]	ГОСТ 8.586.4 [формули (5.3) - (5.6)]	ГОСТ 8.586.4 [формули (5.7) - (5.8)]
10	Поправковий коефіцієнт, $K_ш$	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	ГОСТ 8.586.3 [формула (5.3)]	ГОСТ 8.586.3 (5.2.6.4)	ГОСТ 8.586.3 (5.3.4.4)	Значення $K_ш$ дорівнює 1		
11	Витрата середовища	Формули (5.2) – (5.4), (5.6) – (5.8)						

Для обчислення фізичних характеристик середовища – густини (для рідин і водяної пари), густини за стандартних умов (для сумішей газів з відомим повним складом), коефіцієнта стисливості й показника адіабати (для газів), динамічної в'язкості застосовують формули або таблиці з відповідних нормативних документів [див. ГОСТ 8.586.1 (5.4.1)].

Ці формули доповнюють умовами обмежень дії методу змінного перепаду тиску, наведеними в таких стандартах:

- ГОСТ 8.586.2 (5.3.1, 5.3.2.2) – для діафрагм;
- ГОСТ 8.586.3 (5.1.6.1 і 5.1.6.3) – для сопел ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (5.2.6.1 і 5.1.6.3) – для еліпсних сопел;
- ГОСТ 8.586.3 (5.3.4.1 і 5.1.6.3) – для сопел Вентурі;
- ГОСТ 8.586.4 (5.1 і 5.6) – для труб Вентурі.

8.1.2 Порядок обчислення витрати середовища

8.1.2.1 Обчислення значень проміжних величин

Залежно від марки матеріалу ЗП за ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)] обчислюють d.

Залежно від марки матеріалу ВТ за ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)] обчислюють D.

За ГОСТ 8.586.1 [формули (3.1) і (3.6)] обчислюють, відповідно, β і E.

Для діафрагм за ГОСТ 8.586.2 [формула (5.14)] для часу $\tau_т$ розраховують $r_к$, а згідно з ГОСТ 8.586.2 [формула (5. 13)] – знаходять $K_п$.

Якщо $K_п$ визначають за значенням середнього радіуса $\overline{r}_к$ за міжконтрольний інтервал $\tau_у$, то обчислюють середнє $\overline{r}_к$ за ГОСТ 8.586.2 [формула (5.15)], і $K_п$ – за ГОСТ 8.586.2 [формула (5.16)].

Для інших ЗП $K_п$=1.

У разі вимірювань надлишкового $p_и$ і атмосферного $p_а$ тиску середовища визначають абсолютний тиск p середовища за формулою (6.2).

За формулою (6.3) обчислюють термодинамічну температуру T середовища.

Обчислюють такі параметри середовища:

- ρ – для рідин і водяної пари;
- $\rho_с$ – для суміші газів за заданого повного складу;
- K – для суміші газів;
- κ – для газоподібних середовищ (суміші газів, водяної пари);
- μ – для всіх середовищ.

У разі застосування густиноміра обчислення густини середовища ρ і (або) $\rho_с$ не виконують.

Коефіцієнт розширення ε (у разі обчислення витрати газу, водяної пари) обчислюють за ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)] – для діафрагм і за ГОСТ 8.586.3 [формула (5.2)] – для інших ЗП.

8.1.2.2 Обчислення витрати виконують в такій послідовності:

а) вважають перше наближення значення числа Рейнольдса Re_1 таким, що дорівнює 10^6;

б) обчислюють перше наближення коефіцієнта витікання C_1;

в) знаходять перше наближення $K_{ш1}$ (для труб Вентурі не визначають);

г) застосовуючи, залежно від вибраних одиниць вимірювань, одну із формул (5.2) – (5.4), (5.6) – (5.8), визначають перше наближення витрати середовища q_1;

д) за отриманим значенням q_1, застосовуючи формули, які вказано в таблиці 6, послідовно обчислюють друге наближення Re_2, C_2, $K_{ш2}$ і q_2;

е) процес уточнення Re, C, $K_ш$ і q проводять доти, поки значення відносного відхилу між отриманим значенням витрати q_i і його попереднім значенням q_{i-1} не буде задовольняти умову

$$| q_i - q_{i-1} | / q_i < 10^{-5}. \qquad (8.1)$$

Знайдене значення q_i вважають шуканим значенням витрати середовища.

8.1.3 Приклади розрахунку витрати середовища

8.1.3.1 Приклад розрахунку витрати природного газу для діафрагми з кутовим способом відбирання перепаду тиску наведено в Д.1 (додаток Д).

8.1.3.2 Приклад розрахунку витрати перегрітої пари для сопла ИСА 1932 наведено в Д.2 (додаток Д).

8.2 Обчислення кількості середовища за допомогою обчислювальних пристроїв

Об'єм або масу середовища визначають, інтегруючи функцію витрати за часом.

Операцію інтегрування реалізують циклічним процесом обчислення витрати за змінними вихідними даними і підсумовуванням за однією з формул, наведених в 5.3.

Процедура обчислення витрати на одному циклі обчислення є аналогічною до викладеної в 8.1.

Введення умовно-сталих параметрів потоку, ЗП і ВТ, встановлення тривалості циклу вимірювань, фіксацію кількості цих циклів за встановлений проміжок часу, а також організацію циклів вимірювань змінних параметрів виконують за допомогою програмних і технічних засобів.

8.3 Обчислення кількості середовища за результатами планіметрування діаграм

8.3.1 Для визначення m, V або V_c застосовують рівняння (5.25)–(5.27), де середні витрати, відповідно $\overline{q_m}$, $\overline{q_v}$ або $\overline{q_c}$, знаходять згідно з формулами, наведеними в 5.2, за значеннями параметрами потоку і середовища.

Оскільки залежність величин q_m, q_v, q_c від вимірюваних параметрів, наприклад Δp, ρ_c, p, T, p, є нелінійною, то у разі визначення кількості середовища за певний проміжок часу в рівняннях (5.2)–(5.8) слід використовувати такі оцінки параметрів, як $\overline{\sqrt{\Delta p}}$, $\overline{\sqrt{p}}$, $\overline{\sqrt{\frac{1}{T}}}$, $\overline{\sqrt{\frac{1}{\rho_c}}}$ і т. д., які визначаються планіметруванням діаграм параметрів ЗВ потоку.

Якщо наведене вище оцінення параметрів є неможливим, то $\overline{q_m}$, $\overline{q_v}$ і $\overline{q_c}$ обчислюють за формулами (5.2)–(5.8), застосовуючи середні параметри $\overline{\Delta p}$, $\overline{p}$, $\overline{\rho}$, $\overline{T}$ і т. д. У цьому разі згідно з 10.4.3.3 враховують невизначеність вимірюваної величини, зумовлену тим, що середнє значення величини, розраховане за нелінійною функцією, чисельно може відрізнятися від значення величини, розрахованої за цією самою нелінійною функцією через середні значення змінних параметрів.

Середні значення параметрів потоку і їх нелінійних функцій вигляду $\sqrt{y}$ знаходять планіметруванням діаграм параметрів потоку (додаток Е).

8.3.2 Для визначення m, V або V_c залежно від формул, наведених в 5.2, забезпечують реєстрацію (запис на діаграмах) необхідних параметрів потоку і середовища; наприклад, для формул (5.6), або (5.7), або (5.8) – $\Delta p(\tau)$, $t(\tau)$, $p(\tau)$ або $p_и(\tau)$, а також $\rho_c(\tau)$ за наявності густиноміра; для рівнянь (5.2), або (5.3), або (5.4): $\Delta p(\tau)$, $t(\tau)$, $p(\tau)$ або $p_и(\tau)$, а також $\rho(\tau)$ за наявності густиноміра. Для цього застосовують відповідні реєструвальні прилади.

8.3.3 Вихідні дані

8.3.3.1 Для обчислення кількості середовища необхідно мати такі вихідні дані:

- тип ЗП;
- спосіб відбирання перепаду тиску (для діафрагм);
- діаметр отвору ЗП d_{20};
- внутрішній діаметр ВТ D_{20};
- середній арифметичний відхил профілю шорсткості Ra або еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні вимірювального трубопроводу $R_ш$;
- матеріал, з якого виготовлено ЗП;
- матеріал, з якого виготовлено ВТ;
- у разі застосування діафрагм – початковий радіус $r_н$ вхідного канта діафрагми й міжконтрольний інтервал ЗП – τ_y;
- для суміші газів (зокрема природного газу) – повний її склад або (для природного газу) – молярні частки діоксиду вуглецю x_y і азоту x_a в газі і його густина за стандартних умов ρ_c (у разі прийняття ρ_c за умовно-сталу величину);
- атмосферний тиск p_a (у разі вимірювання надлишкового тиску середовища);

- діаграми реєстрації значень Δp (або $\sqrt{\Delta p}$), p або $p_и$, t, ρ і (або) ρ_c (за наявності густиномірів) на проміжку часу, протягом якого визначають кількість середовища.

Примітка. Деякі з вищезгаданих параметрів середовища залежно від виду основних розрахункових рівнянь можна не застосовувати.

8.3.3.2 Параметри та характеристики ЗП і ВТ (d_{20}, D_{20}, $R_ш$, $r_н$ і $\tau_т$ або τ_y, а також матеріали сталей, з яких виготовлено ВТ і ЗП) знаходять згідно з 8.1.1.2.

Фізико-хімічні параметри середовища (наприклад, φ, x_y, $x_в$ або повний склад середовища, стандартну густину ρ_c або густину середовища в робочих умовах ρ) знаходять прямими вимірюваннями згідно з вимогами цього стандарту або розрахунковим способом. Параметри потоку та вимірюваного середовища (Δp, t, p або $p_и$ і $p_а$) знаходять вимірюванням згідно з вимогами цього стандарту. Параметри потоку й середовища (Δp, t, p або $p_и$), а також густину середовища ρ або стандартну густину газу ρ_c, за умови їх неперервного вимірювання, повинно бути записано на діаграмах.

За допомогою планіметрів (див. додаток Е) залежно від рівняння витрати визначають середні $\overline{\Delta p}$, $\overline{\sqrt{\Delta p}}$, $\overline{p}$ або $\overline{p_н}$, $\overline{\sqrt{p}}$ і $\overline{t}$, а також за наявності густиноміра – середню густину $\overline{\rho}$ або $\overline{\rho_c}$ або середнє значення з квадратного кореня густини $\overline{\sqrt{\rho}}$ або $\overline{\sqrt{\rho_c}}$.

8.3.4 Обчислення проміжних величин

Обчислення проміжних величин проводять за формулами, вказаними в 8.1.2.1 за середніх значень аргументів цих формул.

Залежно від марки сталі ЗП за ГОСТ 8.586.1 [формула (5.6)] знаходять $\overline{K_{cy}}$ за середнім значенням $\overline{t}$.

Згідно з ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)] обчислюють $\overline{d}$ за значенням $\overline{K_{cy}}$.

Залежно від марки сталі ВТ за ГОСТ 8.586.1 [формула (5.7)] знаходять $\overline{K_т}$ за середнім значенням $\overline{t}$.

Згідно з ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)] обчислюють $\overline{D}$ за значенням $\overline{K_т}$.

За ГОСТ 8.586.1 [формула (3.1)] обчислюють $\overline{\beta}$ за значеннями $\overline{d}$ і $\overline{D}$.

За ГОСТ 8.586.1 [формула (3.6)] обчислюють $\overline{E}$ за значенням $\overline{\beta}$.

Обчислюють середнє $\overline{r_к}$ за ГОСТ 8.586.2 [формула (5.15)] за міжконтрольний інтервал τ_y і за ГОСТ 8.586.2 [формула (5.16)] обчислюють $\overline{K_п}$, застосовуючи значення $\overline{\beta}$, $\overline{d}$ і $\overline{r_к}$.

Для інших ЗП $\overline{K_п}$=1.

У разі вимірювання надлишкового тиску середовища $p_и$ і атмосферного тиску $p_а$ за їх середніми значеннями визначають середнє $\overline{p}$ за формулою (6.2).

За формулою (6.3) обчислюють середнє $\overline{T}$.

За відсутності густиноміра обчислюють $\overline{\rho}$ або для газів – $\overline{K}$.

Обчислюють $\overline{\mu}$.

Якщо середовище – газ, то обчислюють $\overline{\kappa}$.

Згідно з ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)] – для діафрагм і за ГОСТ 8.586.3 [формула (5.2)] – для інших ЗП, обчислюють $\overline{\varepsilon}$ за значеннями $\overline{\Delta p}$, $\overline{p}$, $\overline{\beta}$ і $\overline{\kappa}$.

8.3.5 Обчислення кількості середовища

Кількість середовища обчислюють аналогічно до 8.1.2.2 в такій послідовності:

а) вважають перше наближення значення числа Рейнольдса Re_1 таким, що дорівнює 10^6;

б) для значення $\overline{\beta}$ і числа Рейнольдса Re_1 обчислюють перше наближення коефіцієнта витікання $\overline{C_1}$;

в) знаходять $\overline{K_{ш1}}$ (крім труб Вентурі) для значень $\overline{\beta}$ і $\overline{D}$, а також при значенні Re_1;

г) за формулами, аналогічними до (5.2), (5.3) або (5.4), а саме:

$$\overline{q}_m = 0{,}25\sqrt{2}\pi\overline{d}^2\overline{CEK_ш K_п}\varepsilon\sqrt{\overline{\Delta p}\sqrt{\rho}}\,, \tag{8.2}$$

$$\overline{q}_v = 0{,}25\sqrt{2}\pi\overline{d}^2\overline{CEK_ш K_п}\varepsilon\sqrt{\overline{\Delta p}}\sqrt{\overline{\frac{1}{\rho}}}\,, \tag{8.3}$$

$$\overline{q}_c = 0{,}25\sqrt{2}\pi\overline{d}^2\overline{CEK_ш K_п}\varepsilon\sqrt{\overline{\Delta p}\sqrt{\rho}}\,\frac{1}{\overline{\rho_c}}, \tag{8.4}$$

або за формулами, аналогічними до (5.6), (5.7) або (5.8), а саме:

$$\overline{q}_m = 0{,}25\sqrt{2\frac{T_c}{p_c}}\pi\overline{d}^2\overline{CEK_ш K_п}\varepsilon\sqrt{\overline{\Delta p}\sqrt{p}\sqrt{\rho_c}}\sqrt{\overline{\frac{1}{TK}}}\,, \tag{8.5}$$

$$\overline{q}_v = 0{,}25\sqrt{2\frac{p_c}{T_c}}\pi\overline{d}^2\overline{CEK_ш K_п}\varepsilon\sqrt{\overline{\Delta p}}\sqrt{\overline{\frac{TK}{\rho_c p}}}\,, \tag{8.6}$$

$$\overline{q}_c = 0{,}25\sqrt{2\frac{T_c}{p_c}}\pi\overline{d}^2\overline{CEK_ш K_п}\varepsilon\sqrt{\overline{\Delta p}\sqrt{p}}\sqrt{\overline{\frac{1}{\rho_c TK}}}\,, \tag{8.7}$$

обчислюють перше наближення середнього значення відповідної витрати середовища $\overline{q_1}$;

д) за відповідними формулами (5.9)–(5.11) послідовно знаходять друге наближення Re_2, а потім $\overline{C_2}$, $\overline{K_{ш2}}$ і $\overline{q_2}$;

е) уточнення $\overline{C}$, $\overline{K_ш}$, $\overline{q}$, і Re проводять доти, поки значення відносного відхилу між отриманим значенням витрати $\overline{q_i}$ і його попереднім значенням $\overline{q_{i-1}}$ не буде задовольняти умову:

$$|\overline{q_i} - \overline{q_{i-1}}|/\overline{q_i} < 10^{-5}\,. \tag{8.8}$$

Границя допустимого відносного відхилу в умові (8.8) може бути збільшено. При цьому відносний відхил, розрахований на останньому кроці ітерацій, має бути враховано його геометричним підсумуванням (геометричне підсумовування виконують добуванням кореня із суми квадратів величин) з невизначеністю результату визначення кількості середовища;

ж) за середніми значеннями витрат $\overline{q}_m$, $\overline{q}_v$ або $\overline{q}_c$ згідно із формулами (5.25), (5.26) або (5.27) знаходять відповідно m, V або V_c.

8.3.6 Приклад обчислення кількості природного газу для діафрагми з кутовим способом відбирання перепаду тиску наведено в Д.3 (додаток Д).

8.4 Подання результатів вимірювання та обчислення

8.4.1 Результати вимірювання та обчислення подаються іменованим числом.

Подання результатів витрати та кількості середовища треба супроводжувати показами моментів часу (для кількості середовища – інтервалів часу), які відповідають кожному з поданих результатів вимірювання.

8.4.2 Найменші розряди числових значень результатів вимірювань повинні бути такими самими, як найменші розряди числових значень абсолютної розширеної невизначеності вимірювань.

Необхідну кількість значущих цифр N визначуваної величини y обчислюють за формулою:

$$N=4-\lg(2AU'_y) \ , \qquad (8.9)$$

де A – числове значення першої значущої цифри значення величини y.

Значення N округлюють до цілого числа.

9 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ І ВИМОГИ ДО КВАЛІФІКАЦІЇ ОПЕРАТОРА

9.1 У разі проведення монтажу ЗВ і виконання вимірювання необхідно дотримуватись правил техніки безпеки. На робочому місці повинно бути забезпечено умови, які відповідають вимогам охорони праці.

9.2 Перед монтажем ЗВ і допоміжного устаткування необхідно звернути увагу на їх відповідність супровідній технічній документації, наявність і цілісність маркувань вибухозахисту, наявність і цілісність кріпильних елементів, оболонок. Монтаж вузлів необхідно виконувати чітко за схемою зовнішніх з'єднань. Заборонено вносити будь-які зміни в електричну схему, а також використовувати будь-які запасні частини, які не передбачено технічною документацією, без узгодження з виробником.

9.3 Під час експлуатації, не рідше ніж один раз на місяць, ЗВ і допоміжне устаткування повинен оглядати кваліфікований персонал. При цьому необхідно звертати увагу на цілісність оболонок, наявність кріпильних елементів, пломб, попереджувальних написів тощо.

9.4 До проведення монтажу і виконання вимірювання допускаються особи, які вивчили експлуатаційну документацію на ЗВ і допоміжне устаткування, які пройшли інструктаж з техніки безпеки і мають досвід експлуатації вимірювальної техніки.

9.5 Оператор повинен знати і виконувати інструкції з експлуатації застосовуваних ЗВ.

10 ОЦІНЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ

10.1 Загальні положення

10.1.1 У разі визначення оцінки відносної розширеної невизначеності результатів вимірювань витрати та кількості середовища визначають інтервал навколо результату вимірювання, в межах якого містяться значення, які з 95 % рівнем довіри може бути приписано вимірюваній величині.

10.1.2 Процедура визначення оцінки невизначеності результатів вимірювання витрати та кількості середовища передбачає наявність обмеженої вихідної інформації, коли для ЗВ унормовано лише такі метрологічні характеристики:

- межі допустимих значень основної похибки ЗВ або невизначеності результатів вимірювання, що вносяться ЗВ, із зазначенням рівня довіри;
- межі допустимих значень додаткових похибок ЗВ або невизначеностей результатів вимірювань, що вносяться ЗВ, у разі найбільших відхилів зовнішніх величин впливу від нормальних значень, або максимально допустимі значення коефіцієнтів впливу.

При цьому немає інформації про вид функції розподілу зовнішніх впливних величин і частотні характеристики змін вимірюваної величини і зовнішніх впливних величин.

В цьому разі припускають, що:

- всі вагомі систематичні явища враховано в результатах вимірювання;
- математичним сподіванням коефіцієнта чутливості вважають його унормоване максимально допустиме значення;
- між вхідними змінними рівняння витрати не має кореляційних зв'язків;
- розподіл ймовірності значень вимірюваної величини відповідає нормальному закону Гауса.

Для кількісного вираження невизначеності результату вимірювання, поданої у вигляді меж відхилів значень величини від її оцінки (неповне знання про значення величини), вважають, що розподіл можливих значень вимірюваної величини в зазначених межах не суперечить рівномірному розподілу.

10.1.3 Відносну розширену невизначеність результату вимірювання величини *y* за 95 % довірчого рівня обчислюють за формулою:

$$U'_y = 2u'_y \ . \qquad (10.1)$$

Якщо відома відносна розширена невизначеність U'_y, з зазначеним довірчим рівнем чи використаним коефіцієнтом охоплення, то відносну стандартну невизначеність результату вимірювання величини *y* обчислюють за формулою:

$$u'_y = \frac{U'_y}{k} \ , \qquad (10.2)$$

де k – коефіцієнт охоплення, який залежить від розподілу ймовірності, приписаного досліджуваній величині і довірчого рівня.

Якщо відомі тільки межі (y_{min} і y_{max}) для величини *y*, то відносну стандартну невизначеність результату вимірювання величини *y* обчислюють за формулою:

$$u'_y = \frac{(y_{max} - y_{min})}{\sqrt{3}(y_{max} + y_{min})} \cdot 100 . \qquad (10.3)$$

Примітка. Якщо різницю між межами y_{min} і y_{max} позначити як 2Δ, а їх середнє значення як *y*, то формула (10.3) набуде вигляду:

$$u'_y = \frac{\Delta y}{y\sqrt{3}} 100 .$$

Якщо задано похибку ЗВ, то відносну стандартну невизначеність результату вимірювання величини *y* обчислюють за такими формулами:

- за відомої основної абсолютної похибки Δy або основної відносної похибки δ'_{oy}

$$u'_y = 50\frac{\Delta y}{y} = 0{,}5 \cdot \delta'_{oy} \ , \qquad (10.4)$$

- за відомої зведеної основної похибки γ_0, якщо за нормувальним параметром прийнято діапазон вимірювання ($y_в - y_н$),

$$u'_y = 0{,}5 \cdot \gamma_0 \frac{y_в - y_н}{y} , \qquad (10.5)$$

- якщо за нормувальний параметр прийнято верхню межу вимірювання,

$$u'_y = 0{,}5 \cdot \gamma_0 \frac{y_в}{y} \ . \qquad (10.6)$$

10.1.4 Додатковий складник невизначеності величини *y*, спричинений зовнішньою впливною величиною обчислюють за такими формулами:

- за нормування зовнішньої впливної величини меж допустимих значень похибки ЗВ за найбільших відхилень зовнішньої впливної величини від нормального значення

$$u'_{уд} = 0{,}5\delta_{од} = 50\frac{\Delta_д}{y} = 0{,}5\gamma_д \frac{y_в - y_н}{y} \ , \qquad (10.7)$$

де $\delta_{од}$, $\Delta_д$, $\gamma_д$ – відповідно, відносна, абсолютна і приведена додаткові похибки;

- за нормування меж допустимих значень коефіцієнтів впливу

$$u'_{уд} = 0{,}5 \cdot \delta_{пд} \frac{\Delta X_{max}}{\Delta X} = 50\frac{\Delta_{пд}}{y}\frac{\Delta X_{max}}{\Delta X} = 0{,}5\gamma_{пд}\frac{\Delta X_{max}}{\Delta X}\frac{y_в - y_н}{y} \ , \qquad (10.8)$$

де $\delta_{пд}$ – межа допустимих значень додаткової відносної похибки, за відхилення впливної величини на ΔX;

$\Delta_{пд}$ – межа допустимих значень додаткової абсолютної похибки, за відхилення впливної величини на ΔX;

$\gamma_{пд}$ – межа допустимих значень додаткової приведеної похибки, унормована від діапазону вимірювання, за відхилення впливної величини на Δx;

ΔX_{max} – найбільший відхил зовнішньої впливної величини від нормального значення.

10.1.5 Відносну стандартну невизначеність значення вимірюваної величини *y*, з врахуванням її основного і додаткових складників, обчислюють за формулою:

$$u'_y = \left[u'^2_{yo} + \sum_{i=1}^{n} u'^2_{yдi} \right]^{0,5}, \qquad (10.9)$$

де n – кількість впливних величин;

u'_{yo} – відносна стандартна невизначеність результату вимірювання величини *y*, яку визначають без врахування додаткових складників невизначеності, спричинених зовнішніми впливними величинами;

$u'_{удi}$ – додатковий вклад в невизначеність результату вимірювання величини *y* від *i*-ї впливної величини.

10.1.6 Відносну стандартну невизначеність результату вимірювання величини *y*, яку визначають непрямим методом, і яку пов'язано функціональною залежністю з вимірюваними величинами y_i (наприклад, температурою, тиском, компонентним складом)

$$y = F(y_1, y_2, \ldots y_n)$$

Обчислюють за формулою:

$$u'_y = \left[u'^2_{мF} + \sum_{i=1}^{n} \vartheta^2_{yi} u'^2_{yi} \right]^{0,5}, \qquad (10.10)$$

де $u'_{мF}$ – невизначеність, приписана функціональній залежності;

u'_{yi} – невизначеність результату вимірювання *i*-ї величини;

ϑ_{yi} – відносний коефіцієнт чутливості величини *y* до зміни *i*-ї вимірюваної величини.

Примітка. За відомої абсолютної похибки Δy або відносної похибки δ_y, яку приписують функціональній залежності, невизначеність $u'_{мF}$ обчислюють за формулою:

$$u'_{мF} = \frac{\Delta y}{y\sqrt{3}} 100 = \frac{\delta_y}{\sqrt{3}}.$$

Відносний коефіцієнт чутливості обчислюють за формулою:

$$\vartheta_{yi} = F'_{yi} \frac{y_i}{y}, \qquad (10.11)$$

де F'_{yi} – часткова похідна функції *F* по y_i.

Якщо математичний зв'язок величини *y* з величиною y_i є невідомий або диференціювання функції *F* є ускладнене, то коефіцієнт впливу розраховують за формулою:

$$\vartheta_{yi} = \frac{\Delta y}{\Delta y_i} \frac{y_i}{y}, \qquad (10.12)$$

де Δy – зміна визначуваної величини *y* за зміни вимірюваного параметра на величину Δy_i.

Значення Δy_i рекомендовано вибирати не більшим за абсолютну невизначеність вимірювання y_i.

10.1.7 Відносну розширену невизначеність має бути представлено не більше ніж двома значущими цифрами.

10.2 Формули для обчислення невизначеності витрати середовища

Невизначеність витрати середовища обчислюють за формулами:

- в разі вимірювання масової або об'ємної витрати рідини

$$u_q = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_ш} + u'^2_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + 0,25\left(u'^2_{\Delta p} + u'^2_\rho\right) \right\}^{0,5}; \quad (10.13)$$

- в разі вимірювання масової витрати газу

$$u'_q = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_ш} + u'^2_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0,25\left(u'^2_{\Delta p} + u'^2_\rho\right) \right\}^{0,5}; \quad (10.14)$$

- в разі вимірювання об'ємної витрати газу, приведеної до стандартних умов, за незалежності ρ і ρ_c (наприклад, ρ визначають за допомогою густиноміра)

$$u'_q = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_ш} + u'^2_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + u'^2_{\rho_c} + 0,25\left(u'^2_{\Delta p} + u'^2_\rho\right) \right\}^{0,5}; \quad (10.15)$$

- в разі вимірювання об'ємної витрати газу, приведеної до стандартних умов, за залежності ρ і ρ_c

$$u'_q = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_ш} + u'^2_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0,25\left(u'^2_{\Delta p} + u'^{*2}_\rho + u'^2_{\rho_c}\right) \right\}^{0,5}; \quad (10.16)$$

де u'^*_ρ – відносна стандартна невизначеність густини, яку обчислюють без врахування u'_{ρ_c}, оскільки невизначеність вимірювань витрати, спричинену невизначеністю результату вимірювань ρ_c, враховано у формулі (10.16) членом $0,25u'_{\rho_c}$.

10.3 Складники невизначеності витрати середовища

10.3.1 Відносну стандартну невизначеність коефіцієнта витікання з врахуванням впливних чинників обчислюють за формулою:

$$u'_C = 0,5 \cdot (U'_{C_0} + U'_L + U'_{l_1} + U'_{\varepsilon_2} + U'_h), \quad (10.17)$$

де U'_{C_0} – визначають згідно із

- ГОСТ 8.586.2 (5.3.3.1) для діафрагм;
- ГОСТ 8.586.3 (5.1.7.1) для сопел ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (5.2.7.1) для еліпсних сопел;
- ГОСТ 8.586.3 (5.3.5.1) для сопел Вентурі;
- ГОСТ 8.586.4 (5.7) для труб Вентурі;

U'_L – складник невизначеності коефіцієнта витікання, який виникає внаслідок зменшення довжин прямолінійних ділянок, і його визначають відповідно до ГОСТ 8.586.2 (розділ 6), ГОСТ 8.586.3 (розділ 6), ГОСТ 8.586.4 (розділ 6);

U'_{l_1} – складник невизначеності коефіцієнта витікання, зумовлений скороченням довжини прямолінійних ділянок між ЗП і гільзою термометра, який визначають відповідно до 6.3.5;

U'_{ε_2} – визначають відповідно до ГОСТ 8.586.2 (6.5.3);

U'_h – визначають відповідно до ГОСТ 8.586.2 (6.4.4).

10.3.2 Невизначеність u'_d вважають такою, що дорівнює 0,02 %, а u'_D – 0,1 %.

10.3.3 Невизначеність коефіцієнта розширення обчислюють за формулою:

$$u'_\varepsilon = \left[0{,}25 \cdot U'^2_{\varepsilon_0} + \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\right)^2 \left(u'^2_{\Delta p} + u'^2_p + u'^2_\kappa\right)\right]^{0{,}5}, \qquad (10.18)$$

де U'_{ε_0} обчислюють згідно із:

- ГОСТ 8.586.2 (5.3.3.2) для діафрагм;
- ГОСТ 8.586.3 (5.1.7.2) для сопел ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (5.2.7.2) для еліпсних сопел;
- ГОСТ 8.586.3 (5.3.5.2) для сопел Вентурі;
- ГОСТ 8.586.4 (5.8) для труб Вентурі.

Формули для обчислення невизначеності результатів вимірювання Δp, p і κ подано в 10.3.4, 10.3.5 і 10.3.9.

10.3.4 Невизначеність результату вимірювання Δp обчислюють за формулою:

$$u'_{\Delta p} = \left\{\sum_{i=1}^{n}\left[\vartheta_i u'_{y_i}\right]^2\right\}^{0{,}5}, \qquad (10.19)$$

де n – кількість послідовно з'єднаних вимірювальних перетворювачів або вимірювальних приладів, застосованих для вимірювання перепаду тиску;

ϑ_i – коефіцієнт чутливості i-го вимірювального перетворювача або вимірювального приладу перепаду тиску;

u'_{y_i} – невизначеність, яку вносить i-м вимірювальний перетворювач або вимірювальний прилад перепаду тиску з врахуванням додаткових складників невизначеностей.

Значення коефіцієнтів ϑ_i залежно від функції перетворення вимірювального перетворювача або вимірювального приладу і їх порядкового номера в послідовно з'єднаному ланцюзі наведено в таблиці 7.

Таблиця 7 – Значення коефіцієнтів чутливості для обчислення складників невизначеності перепаду тиску

n	Функції перетворення пристрою			ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3
	1-го	2-го	3-го			
2	Лінійна	Лінійна	-	1	1	-
2	Лінійна	Квадратична	-	1	2	-
2	Квадратична	Лінійна	-	2	2	-
3	Лінійна	Лінійна	Лінійна	1	1	1
3	Лінійна	Лінійна	Квадратична	1	1	2
3	Лінійна	Квадратична	Лінійна	1	2	2
3	Квадратична	Лінійна	Лінійна	2	2	2

Відповідно до таблиці 7, наприклад, для випадку комплекту, який складається з перетворювача різниці тиску і реєструвального приладу з лінійними функціями перетворення, а також кореневого планіметра, формула (10.19) набирає вигляд

$$u'_{\Delta p} = \left(u'^2_1 + u'^2_2 + 4u'^2_3\right)^{0{,}5}, \qquad (10.20)$$

де u'_1, u'_2 і u'_3 – складники невизначеності, зумовлені першим, другим перетворювачами і планіметром, відповідно.

10.3.5 Невизначеність результату вимірювання абсолютного тиску обчислюють за формулою:

- у разі застосування перетворювачів абсолютного тиску

$$u'_p = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left[u'_{y_i} \right]^2 \right\}^{0,5}; \quad (10.21)$$

- у разі застосування перетворювачів надлишкового тиску

$$u'_p = \left\{ \left(\frac{p_н}{p} \right)^2 \sum_{i=1}^{n} u'^2_{y_i} + \left(\frac{p_в}{p} \right)^2 u'^2_{p_a} \right\}^{0,5}, \quad (10.22)$$

де n – кількість послідовно з'єднаних вимірювальних перетворювачів або вимірювальних приладів, які застосовують для вимірювання тиску;

u'_{y_i} – невизначеність, яку вносить i-й вимірювальний перетворювач або вимірювальний прилад тиску з врахуванням додаткових складників невизначеності;

u'_{p_a} – невизначеність результату вимірювання атмосферного тиску з врахуванням додаткових складників невизначеності.

10.3.6 Невизначеність результату вимірювання температури середовища обчислюють за формулою:

$$u'_T = \frac{100(t_в - t_н)}{273,15 + t} \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{u_{y_i}}{y_{вi} - y_{нi}} \right]^2 \right\}^{0,5}, \quad (10.23)$$

де n – кількість послідовно з'єднаних вимірювальних перетворювачів або вимірювальних приладів, які використовують для вимірювання температури;

u_{y_i} – стандартна невизначеність, яку вносить i-й вимірювальний перетворювач або вимірювальний прилад температури з врахуванням додаткових складників невизначеності.

10.3.7 За умови вимірювання ρ_c за допомогою густиноміра u'_{ρ_c} обчислюють за формулою:

$$u'_{\rho_c} = 50 \frac{\Delta\rho_c}{\rho_c}, \quad (10.24)$$

де $\Delta\rho_c$ – абсолютна похибка густиноміра.

За інших варіантів нормування метрологічних характеристик густиноміра невизначеність u'_{ρ_c} обчислюють згідно із формулами, наведеними в 10.1.3.

Якщо у вимірюваному каналі густини застосовують більше одного вимірювального перетворювача, кожний з яких вносить відому невизначеність $u'_{\rho_c i}$ в результат вимірювання, то невизначеність u'_{ρ_c} обчислюють за формулою:

$$u'_{\rho_c} = \left(\sum_{i=1}^{n} u'^2_{\rho_c i} \right)^{0,5}, \quad (10.25)$$

де n – кількість вимірювальних перетворювачів в каналі вимірювання густини ρ_c.

За умови обчислення ρ_c методом непрямих вимірювань, невизначеність u'_{ρ_c} визначають згідно із вимогами нормативних документів, які регламентують застосований метод обчислення.

У разі визначення ρ_c через компонентний склад середовища допускається, якщо інше не обумовлено нормативними документами, невизначеність u'_{ρ_c} обчислювати за формулою:

$$u'_{\rho_c} = \frac{1}{\rho_c} \left\{ \sum_{i=1}^{n} (x_i \rho_{ci})^2 \left(u'^2_{x_i} + u'^2_{\rho_{ci}} \right) \right\}^{0,5}, \quad (10.26)$$

де u'_{x_i} – невизначеність результату визначення концентрації i-го компонента;

$u'_{\rho_{ci}}$ – невизначеність результату визначення густини за стандартних умов i-го компонента;

n – кількість компонентів в газовій суміші.

10.3.8 Якщо густину ρ в робочих умовах вимірюють за допомогою густиноміра, то невизначеність u'_ρ обчислюють за формулою:

$$u'_\rho = 50\frac{\Delta\rho}{\rho}, \tag{10.27}$$

де Δρ – абсолютна похибка густиноміра.

За інших варіантів нормування метрологічних характеристик густиноміра невизначеність u'_ρ обчислюють згідно з формулами, наведеними в 10.1.3.

Якщо у вимірювальному каналі густини застосовують більше одного вимірювального перетворювача, то невизначеність u'_ρ обчислюють як

$$u'_\rho = \left(\sum_{i=1}^{n} u'^2_{\rho i}\right)^{0,5}, \tag{10.28}$$

де n – кількість вимірювальних перетворювачів;

$u'_{\rho i}$ – невизначеність, яку вносить i-й вимірювальний перетворювач.

Якщо на покази густиноміра вводять поправку (див. 6.4.1.7), то суму в формулі (10.28) доповнюють невизначеністю поправки, визначеної відповідно до 10.1.6, нехтуючи при цьому методичною невизначеністю поправки.

Якщо густину середовища визначають непрямим методом, то невизначеність u'_ρ визначають згідно із нормативним документом, який регламентує застосовуваний метод обчислення.

Допускається, якщо інше не визначено нормативними документами, невизначеність u'_ρ обчислювати за формулами:

- в разі обчислення густини через p і T

$$u'_\rho = \left(u'^2_{\rho_e} + \vartheta_T^2 u'^2_T + \vartheta_p^2 u'^2_p\right)^{0,5}, \tag{10.29}$$

де u'_{ρ_e} – невизначеність, приписана рівнянню, яке застосовують для обчислення густини середовища (значення наводять у відповідних нормативних документах, які встановлюють методи непрямого обчислення густини);

ϑ_T, ϑ_p – коефіцієнти чутливості, які визначають відповідно до 10.1.6 (для рідин ϑ_p може дорівнювати нулю);

- в разі обчислення густини через фактор стискуваності Z

$$u'_\rho = \left(u'^2_Z + u'^2_T + u'^2_p\right)^{0,5}, \tag{10.30}$$

де u'_Z – невизначеність фактора стискуваності середовища;

- в разі обчислення густини через коефіцієнт стисливості K

$$u'_\rho = \left(u'^2_K + u'^2_{\rho_c} + u'^2_T + u'^2_p\right)^{0,5}, \tag{10.31}$$

де u'_K – невизначеність коефіцієнта стисливості середовища.

Складник невизначеності u'^*_ρ, наведений в формулі (10.16), обчислюють за формулою:

$$u'^{*}_{\rho} = \left(u'^{2}_{K} + u'^{2}_{T} + u'^{2}_{p}\right)^{0,5} . \qquad (10.32)$$

10.3.9 Невизначеність показника адіабати газу u'_{κ} визначають на основі невизначеності, приписаній довідковим даним, взятих з відповідних нормативних документів, які встановлюють методи непрямого обчислення показника адіабати середовища.

10.3.10 Невизначеність вмісту *i*-го компонента суміші u'_{x_i} обчислюють відповідно до нормативних документів, які встановлюють методи і ЗВ компонентного складу середовища.

За відомою приведеною основною похибкою застосовуваного ЗВ компонентного складу середовища невизначеність u'_{x_i} обчислюють за формулою:

$$u'_{x_i} = 0,5\frac{x_{Di}}{x_i}\cdot\gamma_{ox_i} , \qquad (10.33)$$

де x_{Di} – діапазон шкали вимірювання *i*-го компонента.

Якщо значення стандартної невизначеності u_{x_i} є відомим, то відносну стандартну невизначеність u'_{x_i} обчислюють за формулою:

$$u'_{x_i} = 100\frac{u_{x_i}}{x_i} \qquad (10.34)$$

10.3.11 Відносну стандартну невизначеність $u'_{K_ш}$ вважають такою, яка дорівнює ½ значення $U'_{K_ш}$, яке обчислюють відповідно до:

- ГОСТ 8.586.2 (5.3.3.3) – для діафрагм;
- ГОСТ 8.586.3 (5.1.7.3) – для сопел ИСА 1932;
- ГОСТ 8.586.3 (5.3.5.3) – для сопел Вентурі.

10.3.12 Відносну стандартну невизначеність $u'_{K_п}$ вважають такою, яка дорівнює ½ значення $U'_{K_п}$, яке визначають відповідно до ГОСТ 8.586.2 (5.3.3.4).

10.3.13 У разі застосування обчислювальних пристроїв під час обчислення відносної сумарної стандартної невизначеності витрати необхідно враховувати невизначеність u'_{K_q}, вносену обчислювальним пристроєм.

Цю невизначеність встановлюють за паспортними даними обчислювача.

Складник невизначеності витрати u'_{K_q} враховують як додатковий складник у формулах (10.13)–(10.16). В цьому разі, наприклад, формула (10.16) з врахуванням формули (10.32) матиме вигляд:

$$u'_{q} = \left\{ u'^{2}_{K_q} + u'^{2}_{C} + u'^{2}_{K_ш} + u'^{2}_{K_п} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^{2}_{D} + \right.$$
$$\left. + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^{2}_{d} + u'^{2}_{\varepsilon} + 0,25\left(u'^{2}_{\Delta p} + u'^{2}_{p} + u'^{2}_{T} + u'^{2}_{\rho_c} + u'^{2}_{K}\right)\right\}^{0,5} . \qquad (10.35)$$

У разі застосування вимірювальних комплексів (ЗВ, для яких похибку унормовано з врахуванням похибок обчислювача і ЗВ параметрів потоку середовища) невизначеності $u'_{\Delta p}$, u'_{p} і u'_{T}, приймають такими, що дорівнюють нулю, і не враховують у разі обчислення невизначеностей u'_{ε}, u'_{K}, u'_{κ}. При цьому формула (10.35), наприклад, набуде вигляду:

$$u'_q = \left\{ u'^2_{o_q} + u'^2_C + u'^2_{K_w} + u'^2_{K_n} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \right.$$
$$\left. + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0{,}25\left(u'^2_{\rho_c} + u'^2_K\right) \right\}^{0{,}5}, \quad (10.36)$$

де u'_{o_q} – складник невизначеності результату вимірювання витрати, що вноситься вимірювальним комплексом з врахуванням складників невизначеності результатів вимірювання Δp, p і T.

10.4 Оцінення невизначеності результатів визначення кількості середовища

10.4.1 Список складників сумарної невизначеності результату визначення кількості середовища містить невизначеність, яку спостерігають у разі визначення витрати, і ряд додаткових складників невизначеності, зумовлених інтегруванням рівнянь витрати.

10.4.2 У разі застосування обчислювальних пристроїв враховують невизначеність результату визначення інтервалу часу u'_τ, протягом якого обчислюють кількість середовища.

Крім того, у разі вимірювання величини y виникає додаткова невизначеність u'_{dy}, зумовлена дискретизацією його аналогового сигналу $y(\tau)$ за часом τ.

10.4.2.1 Невизначеність u'_τ обчислюють за формулою:

$$u'_\tau = 50\frac{\tau_{вк} - \tau_e}{\tau_e} = 50\frac{n\cdot\Delta\tau - \tau_e}{\tau_e}, \quad (10.37)$$

де $\tau_{вк}$ – проміжок часу (наприклад, доба), який показав обчислювач витрати та кількості середовища;

τ_e – час, визначений за допомогою ЗВ, який застосовують для перевірки встановлення проміжку часу обчислювача;

$\Delta\tau$ – інтервал опитування вимірювальних перетворювачів;

n – кількість опитувань вимірювальних перетворювачів за час τ_e.

Невизначеність u'_τ геометрично додають до складників невизначеності результату вимірювання витрати, наведених у формулах (10.13)–(10.16), (10.35) і (10.36).

10.4.2.2 Невизначеність u'_{dy} для кожної вимірюваної величини обчислюють за формулою:

$$u'_{dy} = \frac{100}{\bar{y}}\left(\frac{\Delta\tau}{\tau_к - \tau_н}\right)^{0.5}\left[\left(\frac{\Delta\tau}{\tau_к - \tau_н}\right)\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \bar{y}\right)^2 - \left(\frac{\Delta\tau}{\tau_к - \tau_н - \Delta\tau}\right)\sum_{i=1}^{n-1}\left(y_i - \bar{y}\right)\left(y_{i+1} - \bar{y}\right)\right]^{0,5}, \quad (10.38)$$

де y_i – значення величини y в i-й точці на інтервалі $(\tau_к - \tau_н)$ з кроком дискретизації $\Delta\tau$.

Невизначеність u'_{dy} геометрично додають до невизначеності результату вимірювання величини y, а саме: Δp, p, t, ρ і ρ_c.

Невизначеність u'_{dy} може бути оцінено після проведення вимірювання, тому її врахування можливе лише в реальних умовах експлуатації. Якщо $\Delta\tau \le 1$ с, то u'_{dy} допускається вважати таким, що дорівнює нулю.

10.4.3 У разі обчислення кількості середовища за результатами планіметрування діаграм або за показами інтегрувальних пристроїв, для кожної вимірюваної і реєстрованої величини враховують такі додаткові складники:

$u'_{плy}$ – невизначеність результату планіметрування;

u'_{ty} – невизначеність ходу діаграми;

$u'_{\bar{y}}$ – невизначеність результату визначення середньої витрати на заданому інтервалі часу, зумовлена усередненням величини.

10.4.3.1 Невизначеність $u'_{плу}$ встановлюють за експлуатаційною документацією застосовуваних планіметрів, застосовуючи відповідні формули, наведені в 10.1.3.

Невизначеність $u'_{плу}$ геометрично додають до складників невизначеності вимірювання величини *y*, яку потрібно планіметрувати, а саме Δp, p і T.

10.4.3.2 Невизначеність $u'_{ту}$ встановлюють за експлуатаційною документацією застосовуваних засобів реєстрації величин, застосовуючи відповідні формули, наведені в 10.1.3.

Невизначеність $u'_{ту}$ геометрично додають до складників невизначеності результатів вимірювання величини *y*, яку потрібно планіметрувати, а саме Δp, p і T.

10.4.3.3 У разі застосування середніх значень $\overline{\Delta p}$, $\overline{p}$ і $\overline{T}$ у розрахунку кількості середовища виникають невизначеності, відповідно $u'_{\overline{\Delta p}}$, $u'_{\overline{p}}$ і $u'_{\overline{T}}$, які обчислюють за формулами:

$$u'_{\overline{\Delta p}} = \frac{50}{\sqrt{\frac{8}{D(\Delta p)} - 1}}; \qquad (10.39)$$

$$u'_{\overline{p}} = \frac{50}{\sqrt{\frac{8}{D(p)} - 1}}; \qquad (10.40)$$

$$u'_{\overline{T}} = \frac{50}{\sqrt{\frac{8}{3D(T)} + 1}}, \qquad (10.41)$$

де $D(\Delta p)$, $D(p)$ і $D(T)$ – відносні дисперсії параметрів, відповідно Δp, p і T, які обчислюють згідно з [5] за формулами:

$$D(\Delta p) = \frac{D_A(\Delta p)}{\left(\overline{\Delta p}\right)^2}; \; D(p) = \frac{D_A(p)}{\left(\overline{p}\right)^2}; \; D(T) = \frac{D_A(T)}{\left(\overline{T}\right)^2},$$

де $\overline{\Delta p}$, $\overline{p}$ і $\overline{T}$ – середні значення, відповідно, Δp, p і T на інтервалі часу планіметрування $(\tau_к - \tau_н)$;

$D_A(\Delta p)$, $D_A(p)$ і $D_A(T)$ – абсолютні дисперсії величин, відповідно Δp, p і T, на інтервалі часу планіметрування $(\tau_к - \tau_н)$.

Оцінку відносної дисперсії величин допускається обчислювати за формулою:

$$D(y) = \frac{1}{3}\left(\frac{y_{max} - y_{min}}{y_{max} + y_{min}}\right)^2, \qquad (10.42)$$

де y_{max} і y_{min} – відповідно максимальне і мінімальне значення величини *y* і за інтервал часу планіметрування $(\tau_к - \tau_н)$.

Якщо для обчислення кількості середовища застосовують середні значення $\overline{\sqrt{\Delta p}}$ і $\overline{\sqrt{p}}$, які отримують в разі застосування кореневого планіметра, то невизначеності, відповідно $u'_{\overline{\Delta p}}$ і $u'_{\overline{p}}$, дорівнюють нулю.

Якщо відомі нижнє і верхнє значення діапазону зміни величини *y*, то складник невизначеності витрати, зумовлений заміною величини, яка входить нелінійно у формули витрати його середнім значенням, може бути обчислено за формулою:

$$u'_{\overline{y}} = 6{,}25 \cdot \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \cdot \frac{(y_{max} - y_{min})^2}{q}, \qquad (10.43)$$

де $\frac{\partial^2 q}{\partial y^2}$ – друга часткова похідна функції витрати по *y*. Другу часткову похідну, яка входить у формулу (10.43), може бути обчислено за формулою:

$$\frac{\partial^2 q}{\partial y^2} = \frac{4(q_1 + q_3 - 2q_2)}{(y_{max} - y_{min})^2}, \qquad (10.44)$$

де q_1 – витрата за y_{max}; q_2 – витрата за $(y_{max} + y_{min})/2$; q_3 – витрата за y_{min}.

Якщо невизначеність $u'_{\overline{y}}$ є меншою, ніж 0,05 %, то цією невизначеністю нехтують. Якщо умова не виконуються, то цю невизначеність геометрично додають до складників невизначеності результату визначення кількості середовища.

10.4.4 Якщо величину вважають за умовно-сталою величиною, то відносну стандартну невизначеність результату визначення цієї величини обчислюють за формулою (10.3).

Цю невизначеність геометрично додають до складників невизначеності результату вимірювання величини, наприклад, ρ_c.

10.4.5 Конкретні рівняння обчислення відносної сумарної стандартної невизначеності u'_m, u'_V і u'_{V_c}, відповідно маси *m*, об'єму *V* за робочих умов і об'єму V_c приведеного до стандартних умов, визначають відповідно до конкретних формул обчислення кількості середовища.

Наприклад, невизначеність u'_{V_c} обчислюють за формулами:

- у разі залежності ρ і ρ_c та застосування обчислювача

$$u'_{V_c} = \left\{ u'^2_{K_q} + u'^2_{\tau} + u'^2_C + u'^2_{K_m} + u'^2_{K_n} + \right.$$
$$+ \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0{,}25\left[\left(u'^2_{\Delta p} + u'^2_{д\Delta p}\right) + \right. ; \qquad (10.45)$$
$$\left. \left. + \left(u'^2_p + u'^2_{др}\right) + \left(u'^2_T + u'^2_{дT}\right) + u'^2_{\rho_c} + u'^2_K \right] \right\}^{0,5}$$

- у разі залежності ρ і ρ_c та застосування вимірювального комплексу [див. також формулу (10.36)]

$$u'_{V_c} = \left\{ u'^2_{o_q} + u'^2_{\tau} + u'^2_C + u'^2_{K_m} + u'^2_{K_n} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \right.$$
$$\left. + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + 0{,}25\left[u'^2_{д\Delta p} + u'^2_{др} + u'^2_{дT} + u'^2_{\rho_c} + u'^2_K\right] \right\}^{0,5}. \qquad (10.46)$$

У разі визначення кількості середовища планіметруванням діаграм невизначеність результату визначення кількості середовища, наприклад u'_{V_c} у разі залежності p і ρ_c, обчислюють за формулою:

$$u'_{V_c} = \left\{ u'^2_C + u'^2_{K_m} + u'^2_{K_n} + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_D + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 u'^2_d + u'^2_\varepsilon + \right.$$

$$+ u'^2_{\Delta p} + u'^2_p + u'^2_T + 0,25\left[(u'^2_{\Delta p} + u'^2_{\text{пл}\Delta p} + u'^2_{\tau\Delta p}) + (u'^2_p + u'^2_{\text{пл}p} + u'^2_{\tau p}) + \right. \quad (10.47)$$

$$\left.\left. + (u'^2_T + u'^2_{\text{пл}T} + u'^2_{\tau T}) + u'^2_{\rho_c} + u'^2_K \right]\right\}^{0,5}$$

ДОДАТОК А
(довідковий)

СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ОДИНИЦЯМИ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

А.1 Під час виконання обчислень, пов'язаних з переведенням одиниць тиску або перепаду тиску з однієї системи в іншу, застосовують співвідношення, отримані згідно з ГОСТ 8.417:

$$\text{Па}=10^{-5}\text{бар}=1{,}01972\cdot10^{-5}\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}=7{,}50064\cdot10^{-3}\text{мм рт.ст.}=1{,}01972\cdot10^{-1}\text{мм вод.ст.};$$

$$\text{бар}=10^{5}\text{Па}=1{,}01972\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}=7{,}50064\cdot10^{2}\text{мм рт.ст.}=1{,}01972\cdot10^{4}\text{мм вод.ст.};$$

$$\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}=9{,}80665\cdot10^{4}\text{Па}=9{,}80665\cdot10^{-1}\text{бар}=7{,}3556\cdot10^{2}\text{мм рт.ст.}=10^{4}\text{мм вод.ст.};$$

$$\text{мм рт.ст.}=1{,}3332\cdot10^{2}\text{Па}=1{,}3332\cdot10^{-3}\text{бар}=1{,}3595\cdot10^{-3}\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}=1{,}3595\cdot10\text{мм вод.ст.};$$

$$\text{мм вод.ст.}=9{,}80665\text{Па}=9{,}80665\cdot10^{-5}\text{бар}=10^{-4}\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}=7{,}3556\cdot10^{-2}\text{мм рт.ст.}$$

А.2 Динамічну в'язкість обчислюють за відомими значеннями густини середовища і його кінематичної в'язкості за формулою:

$$\mu=\rho\cdot\nu. \qquad \text{(А.1)}$$

Під час виконання обчислень, пов'язаних з переведенням одиниць динамічної в'язкості з однієї системи в іншу, застосовують співвідношення:

$$\frac{\text{кгс}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}=2{,}7778\cdot10^{-4}\frac{\text{кгс}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}=9{,}80665\text{Па}\cdot\text{с}=9{,}80665\cdot10\frac{\text{дин}\cdot\text{с}}{\text{см}^2};$$

$$\frac{\text{кгс}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}=3600\frac{\text{кгс}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}=3{,}5304\cdot10^{4}\text{Па}\cdot\text{с}=3{,}5304\cdot10^{5}\frac{\text{дин}\cdot\text{с}}{\text{см}^2};$$

$$\text{Па}\cdot\text{с}=1{,}01972\cdot10^{-1}\frac{\text{кгс}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}=2{,}8325\cdot10^{-5}\frac{\text{кгс}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}=10\frac{\text{дин}\cdot\text{с}}{\text{см}^2};$$

$$\frac{\text{дин}\cdot\text{с}}{\text{см}^2}=1{,}01972\cdot10^{-2}\frac{\text{кгс}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}=2{,}8325\cdot10^{-6}\frac{\text{кгс}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}=10^{-1}\text{Па}\cdot\text{с}.$$

А.3 Рівняння, наведені в цьому стандарті, подані для вихідних величин в одиницях SI.

Якщо вихідні величини задано в інших одиницях, ніж одиниці системи SI (p', $\Delta p'$, d'_{20}, D'_{20}, μ', q'_m, q'_v, q'_c), то їх необхідно перевести в одиниці SI (p, Δp, d_{20}, D_{20}, μ, q_m, q_v, q_c) згідно із формулами:

- для тиску

$$p=k_p\cdot p'; \qquad \text{(А.2)}$$

- для перепаду тиску

$$\Delta p=k_{\Delta p}\cdot\Delta p'; \qquad \text{(А.3)}$$

- для діаметра отвору ЗП за температури 20 °С

$$d_{20}=k_d\cdot d'_{20}; \qquad \text{(А.4)}$$

- для внутрішнього діаметра ВТ за температури 20 °С

$$D_{20}=k_D\cdot D'_{20}; \qquad \text{(А.5)}$$

- для динамічної в'язкості

$$\mu=k_\mu\cdot\mu'; \qquad \text{(А.6)}$$

- для масової витрати

$$q_m=k_{q_m}\cdot q'_m; \qquad \text{(А.7)}$$

- для об'ємної витрати в робочих умовах

$$q_v = k_q \cdot q'_v; \quad (A.8)$$

- для об'ємної витрати, приведеної до стандартних умов

$$q_c = k_q \cdot q'_c, \quad (A.9)$$

де k_p і $k_{\Delta p}$ – перевідні коефіцієнти для одиниць, відповідно, тиску і перепаду тиску, значення яких наведено в таблиці А.1;

k_d – перевідний коефіцієнт для одиниць діаметра отвору ЗП за температури 20 °С. Якщо значення d'_{20} задано в міліметрах, то k_d=0,001 м/мм;

k_D – перевідний ксефіцієнт для одиниць внутрішнього діаметра ВТ за температури 20 °С. Якщо значення D'_{20} задано в міліметрах, то k_D=0,001 м/мм;

k_μ – перевідний коефіцієнт для одиниць динамічної в'язкості. Якщо значення μ′ задане в кгс · с/м^2, то k_μ=9,80665 Па · с/(кгс · с/м^2);

k_{q_m} – перевідний коефіцієнт для одиниць масової витрати, значення якого наведено в таблиці А.2;

k_q – перевідний коефіцієнт для одиниць об'ємної витрати в робочих умовах, приведеної до стандартних умов, значення якого подано в таблиці А.3.

Таблиця А.1 – Значення перевідних коефіцієнтів для одиниць тиску і перепаду тиску

p', $\Delta p'$	p, Δp	Перевідні коефіцієнти k_p, $k_{\Delta p}$
кПа	Па	10^3 Па / кПа
МПа	Па	10^6 Па / МПа
бар	Па	10^5 Па / бар
кгс/см^2	Па	9,80665·10^4 Па / (кгс/см^2)
кгс/м^2	Па	9,80665·10^0 Па / (кгс/м^2)
мм рт. ст.	Па	1,3332·10^2 Па / (мм рт. ст.)
мм вод. ст.	Па	9,80665·10^0 Па / (мм вод. ст.)

Таблиця А.2 – Значення перевідного коефіцієнта для одиниць масової витрати

q'_m	q_m	Перевідний коефіцієнт k_{q_m}
кг/год	кг/с	1/3600 (кг/с) / (кг/год)
т/с	кг/с	10^3 (кг/с) / (т/с)
т/год	кг/с	1/3,6 (кг/с) / (т/год)

Таблиця А.3 – Значення перевідного коефіцієнта для одиниць об'ємної витрати за робочих умов, приведеної до стандартних умов

q'_v, q'_c	q_v, q_c	Перевідний коефіцієнт k_q
м^3/год	м^3/с	1/3600 (м^3/с) / (м^3/год)
л/с	м^3/с	10^{-3} (м^3/с) / (л/с)
л/хв	м^3/с	10^{-4}/6 (м^3/с) / (л/хв)

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ЗАЛЕЖНОСТІ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬ ПІД ЧАС ОБЧИСЛЕННЯ ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ СУХОЇ ЧАСТИНИ ВОЛОГОГО ГАЗУ

Масову витрату сухої частини вологого газу $q_{сгm}$ обчислюють за формулою:

$$q_{сгm} = q_{вгm}\left(1 - \frac{f}{\rho_{вг}}\right), \qquad (Б.1)$$

де $q_{вгm}$ – масова витрата вологого газу;

f – абсолютна вологість газу, виражена через масу водяної пари (в кілограмах) в 1 м^3 вологого газу за робочих умов;

$\rho_{вг}$ – густина вологого газу за робочих умов.

Масова витрата вологого газу визначається за формулою:

$$q_{вгm} = \frac{\pi}{4} d_{20}^2 K_{су}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \sqrt{2\Delta p \rho_{вг}}\,. \qquad (Б.2)$$

Формула (Б.1) з врахуванням формули (Б.2) набере вигляд:

$$q_{сгm} = \frac{\pi}{4} d_{20}^2 K_{су}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \left(1 - \frac{f}{\rho_{вг}}\right)\sqrt{2\Delta p \rho_{вг}}\,. \qquad (Б.3)$$

Об'ємну витрату сухої частини вологого газу, яка приведена до стандартних умов $q_{сгс}$, обчислюють за одним із таких рівнянь:

$$q_{сгс} = q_{вгm}\left(1 - \frac{f}{\rho_{вг}}\right)\frac{1}{\rho_c} \qquad (Б.4)$$

або

$$q_{сгm} = \frac{\pi}{4} d_{20}^2 K_{су}^2 CEK_ш K_п \varepsilon \left(1 - \frac{f}{\rho_{вг}}\right)\frac{1}{\rho_c}\sqrt{2\Delta p \rho_{вг}}\,. \qquad (Б.5)$$

Густину вологого газу $\rho_{вг}$ обчислюють відповідно до чинних нормативних документів [див. ГОСТ 8.586.1 (5.4.1)], які регламентують методи обчислення густини газу з врахуванням вмісту в ньому водяної пари.

Густину вологих газів, для яких немає методів, атестованих як стандартні довідкові дані, допускається обчислювати за формулою:

$$\rho_{вг} = \rho_{сг} + \varphi\rho_{впmax}\,. \qquad (Б.6)$$

Густину сухої частини вологого газу $\rho_{сг}$ обчислюють за формулою:

$$\rho_{сг} = \rho_c \frac{T_c\left(p - \varphi\rho_{впmax}\right)}{p_c T K}\,. \qquad (Б.7)$$

У формулі (Б.7) коефіцієнт стисливості K обчислюють без врахування вологості газу.

Якщо робоча температура T газу не перевищує температуру насичення водяної пари $T_{нас}$, яка відповідає робочому тиску p, то густину $\rho_{впmax}$ вважають такою, що дорівнює густині насиченої водяної пари $\rho_{нп}$, а тиск $p_{впmax}$ – тиску насиченої пари.

Якщо робоча температура T перевищує температуру насичення водяної пари $T_{нас}$, яка відповідає робочому тиску p, то густину $\rho_{впmax}$ вважають такою, що дорівнює густині перегрітої водяної пари ρ, а тиск $p_{впmax}$ – тиску газу p.

Відносну вологість газу обчислюють за формулами:

- за відомої абсолютної вологості f_m, вираженої через масу водяної пари (в кілограмах) в 1 м^3 сухого газу

$$\varphi = \frac{p f_m}{p_{нп}\left(f_m + 0{,}7496\dfrac{K}{\rho_c}\right)}; \qquad (Б\ 8)$$

- за відомої абсолютної вологості f_c, вираженої через масу водяної пари (в кілограмах) в 1 м^3 сухого газу за нормальних умов

$$\varphi = \frac{p f_c}{p_{нп}\left(f_c + 0{,}7496K\right)}; \qquad (Б.9)$$

- за відомої абсолютної вологості f, вираженої через масу водяної пари (в кілограмах) в 1 м^3 вологого газу

$$\varphi = \frac{f}{\rho_{впmax}}. \qquad (Б.10)$$

C і $K_ш$ у формулах (Б.2), (Б.3) і (Б.5) обчислюють для числа Рейнольдса, визначеного для вологого газу за формулою:

$$\mathrm{Re} = \frac{4}{\pi D \cdot \mu_{вг}} \frac{q_{вгm}}{}, \qquad (Б.11)$$

де $\mu_{вг}$ – динамічна в'язкість вологого газу.

Динамічну в'язкість і показник адіабати вологого газу допускається визначати без врахування вологості газу.

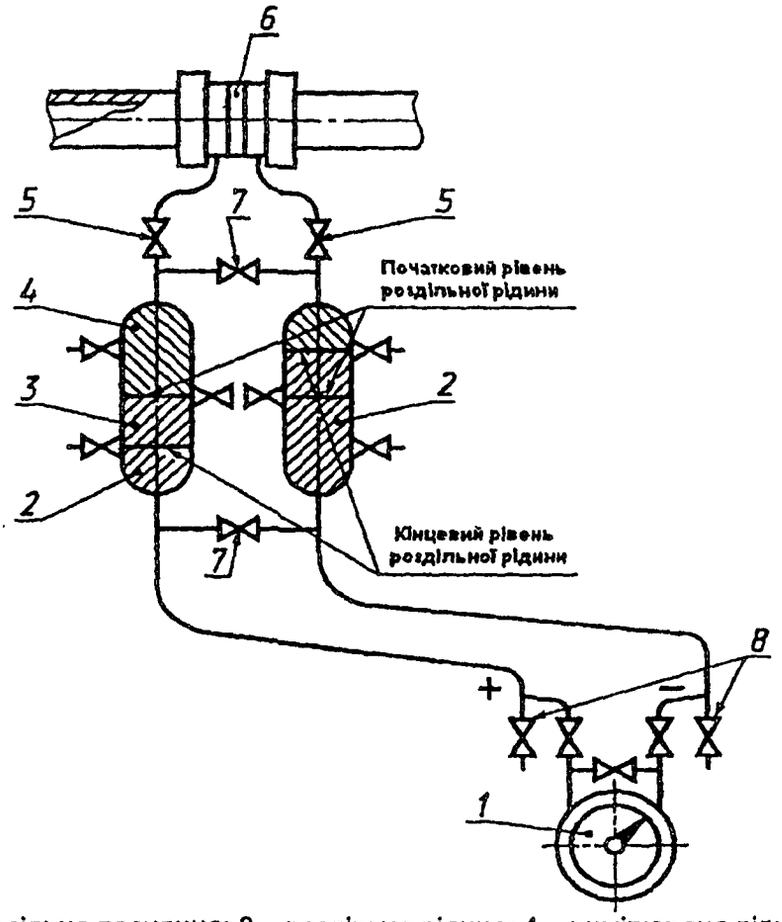
ДОДАТОК В
(довідковий)

СХЕМИ ВСТАНОВЛЕННЯ РОЗДІЛЬНИХ ПОСУДИН

В.1 Схеми встановлення роздільних посудин за верхнього і нижнього приєднання трубок

В. 1.1 Схеми встановлення роздільних посудин під час вимірювання витрати рідини, яка є легшою за роздільну, зображено на рисунках В.1 і В.2:

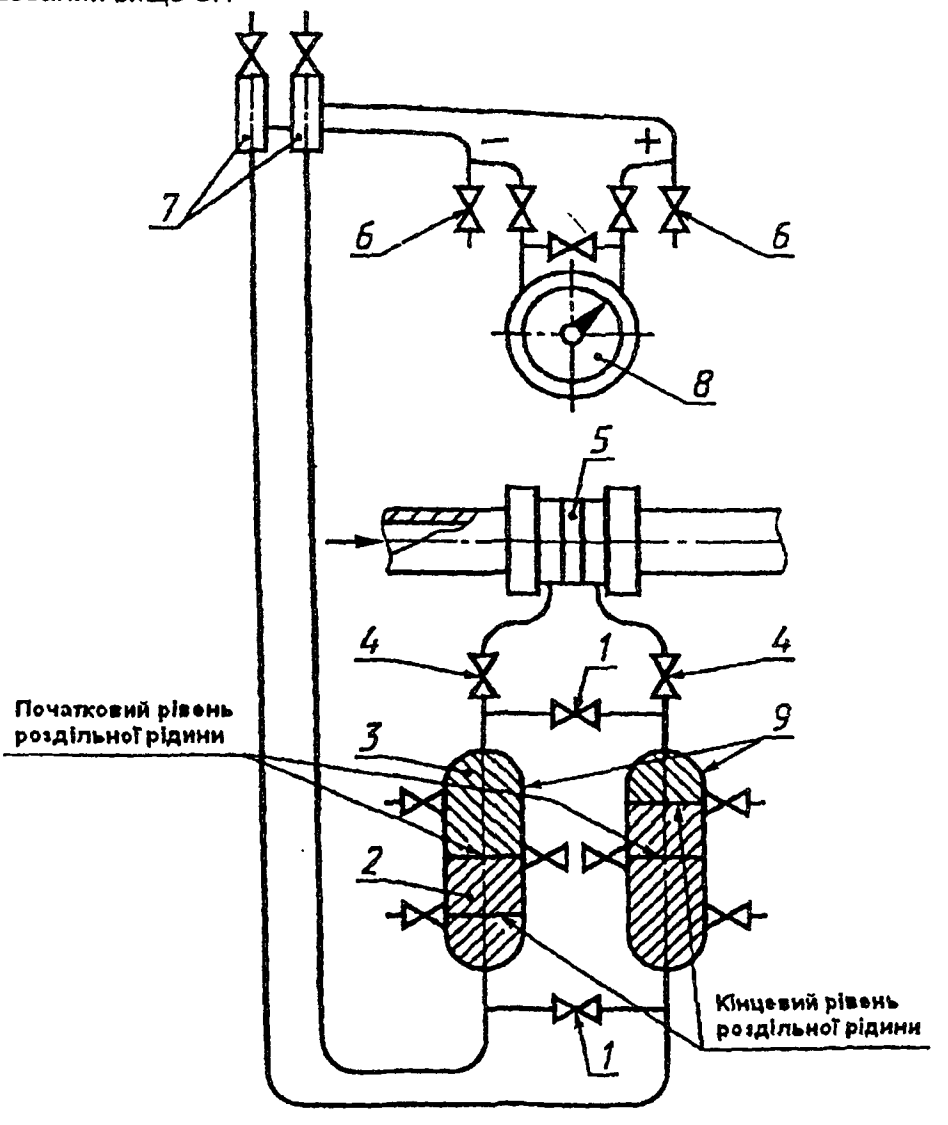
а) ППТ розташовано нижче ЗП



1 – ППТ; 2 – роздільна посудина; 3 – роздільна рідина; 4 – вимірювана рідина; 5 – кран; 6 – ЗП; 7 – зрівнювальний вентиль; 8 – продувний вентиль

Рисунок В.1

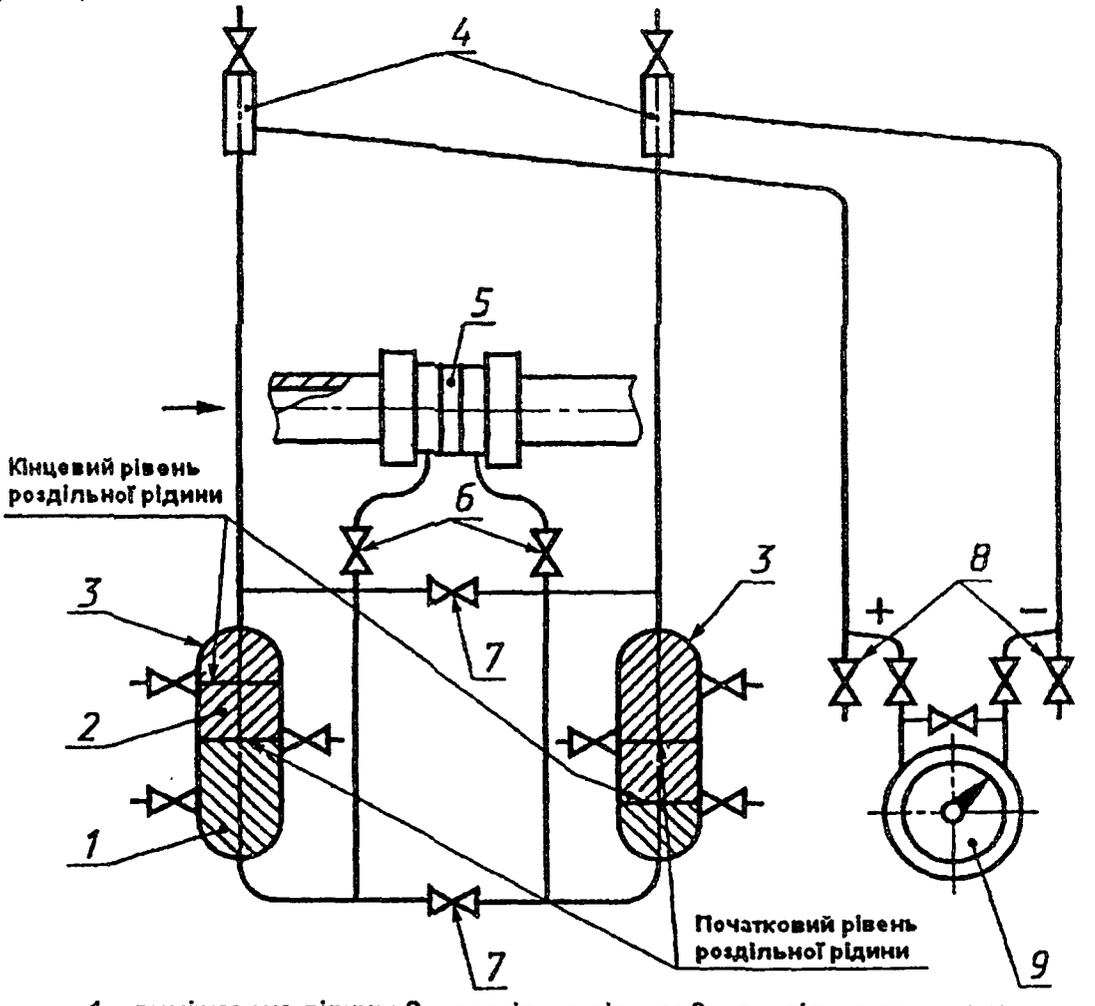
б) ППТ розташований вище ЗП



1 – зрівнювальний вентиль; 2 – роздільна рідина; 3 – вимірювана рідина;
4 – кран; 5 – ЗП; 6 – продувний вентиль; 7 – газозбірник;
8 – ППТ; 9 – роздільна посудина
Рисунок В.2

В.1.2 Схеми встановлення роздільних посудин під час вимірювання витрати рідини, яка є важчою за роздільну, зображено на рисунках В.3 і В.4:

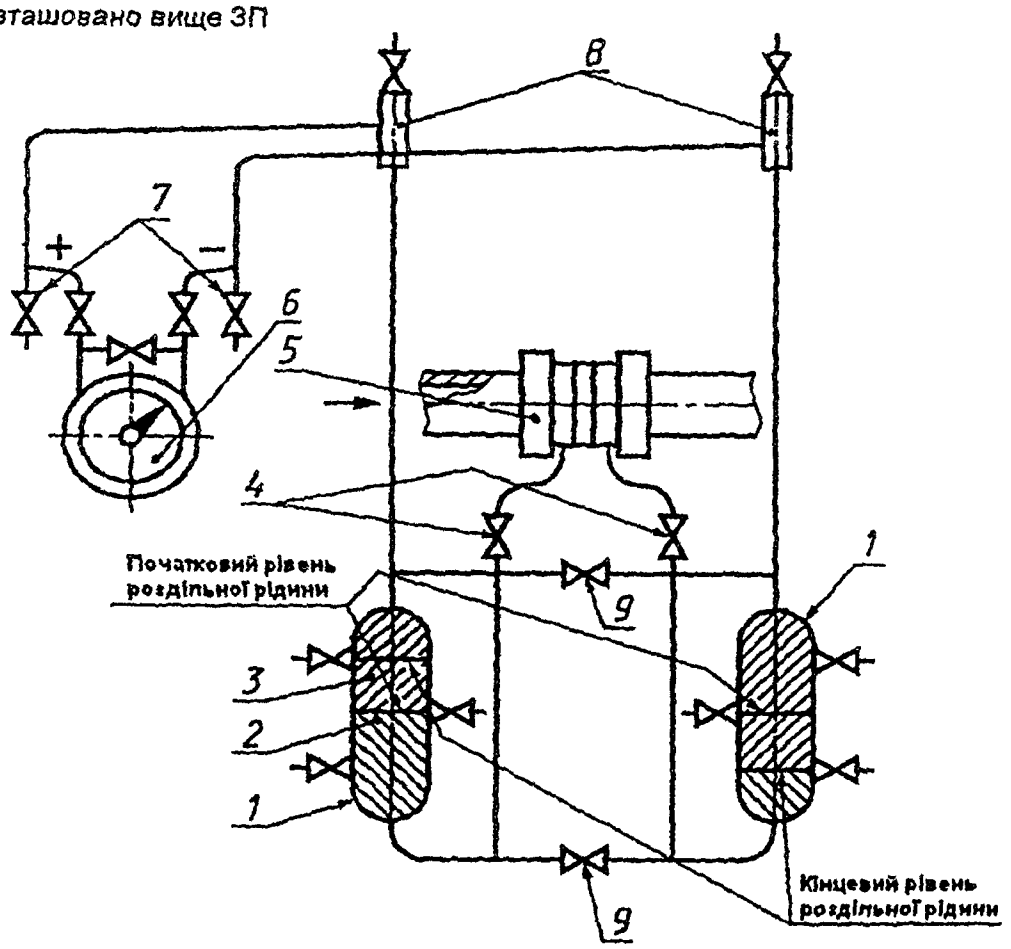
а) ППТ розташовано нижче ЗП



1 – вимірювана рідина; 2 – роздільна рідина; 3 – роздільна посудина;
4 – газозбірник; 5 – ЗП; 6 – кран; 7 – зрівнювальний вентиль;
8 – продувний вентиль; 9 – ППТ

Рисунок В.3

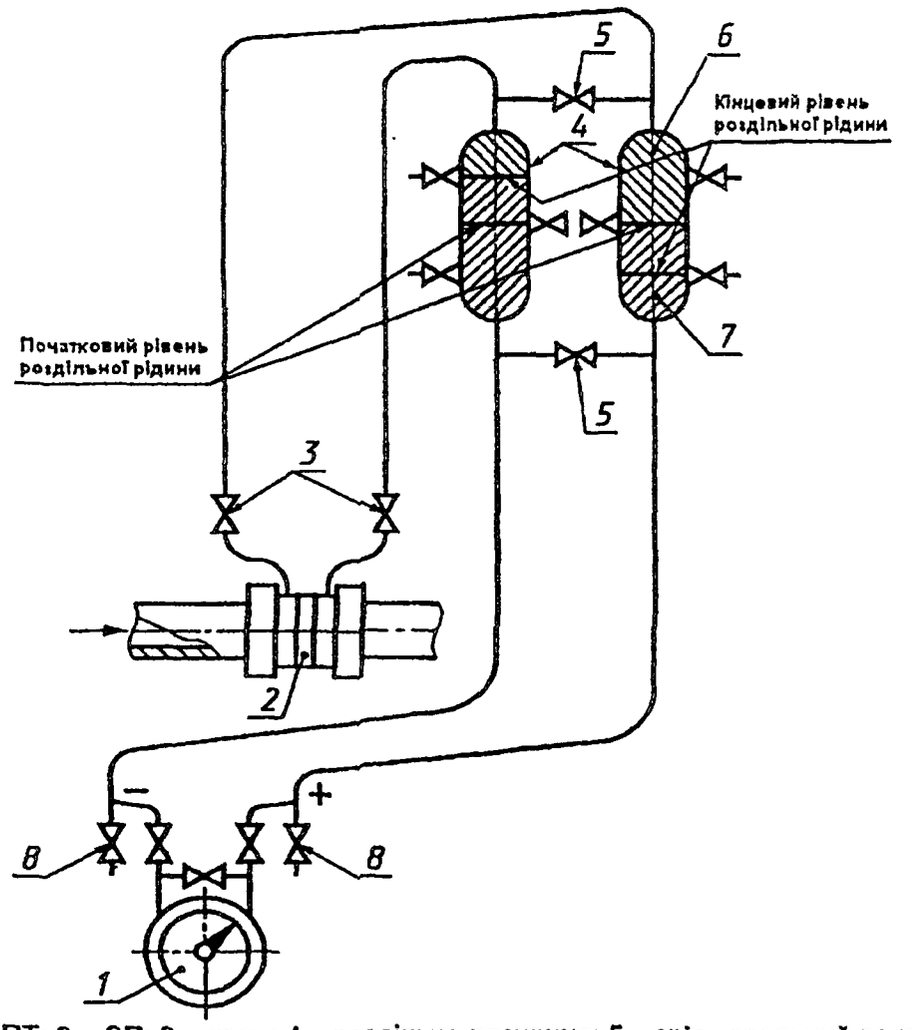
б) ППТ розташовано вище ЗП



1 – роздільна посудина; 2 – вимірювана рідина; 3 – роздільна рідина;
4 – кран; 5 –ЗП; 6 – ППТ; 7– продувний вентиль;
8 – газозбірник; 9 – зрівнювальний вентиль
Рисунок В.4

В.1.3 Схеми встановлення роздільних посудин під час вимірювання витрати газу, зображено на рисунках В.5 і В.6:

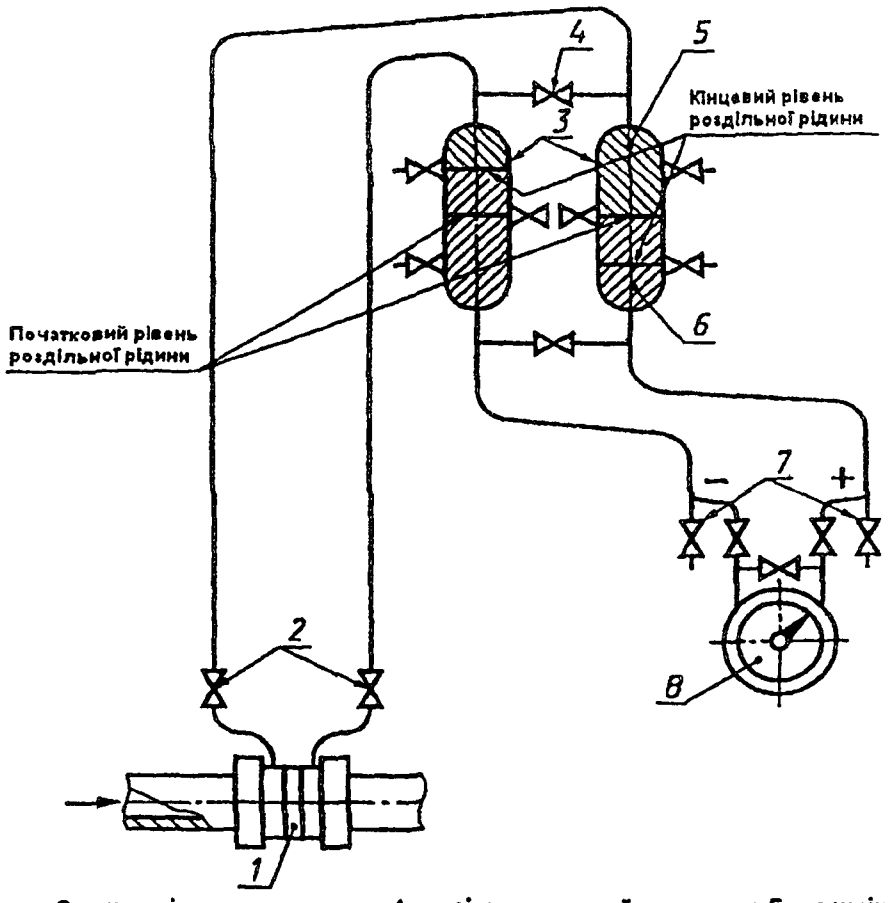
а) ППТ розташовано нижче ЗП



1 – ППТ; 2 – ЗП; 3 – кран; 4 – роздільна посудина; 5 – зрівнювальний вентиль; 6 – вимірюваний газ; 7 – роздільна рідина; 8 – продувний вентиль

Рисунок В.5

б) ППТ розташовано вище ЗП



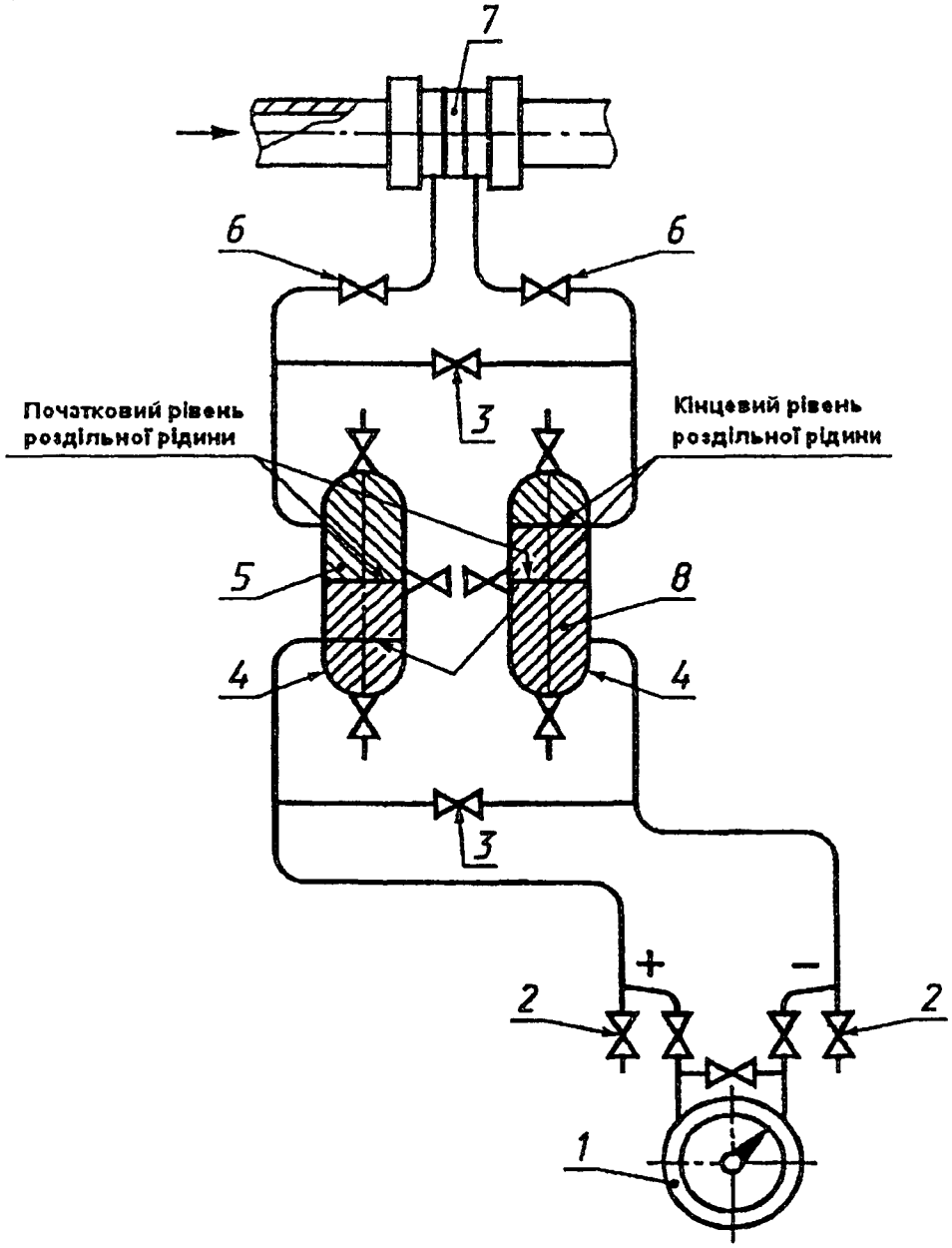
1 – ЗП; 2 – кран; 3 – роздільна посудина; 4 – зрівнювальний вентиль; 5 – вимірюваний газ; 6 – роздільна рідина; 7 – продувний вентиль; 8 – ППТ

Рисунок В.6

В.2 Схеми встановлення роздільних посудин за бічного приєднання трубок

В.2.1 Схеми встановлення роздільних посудин під час вимірювання витрати рідини, яка є легшою за роздільну, зображено на рисунках В.7 і В.8:

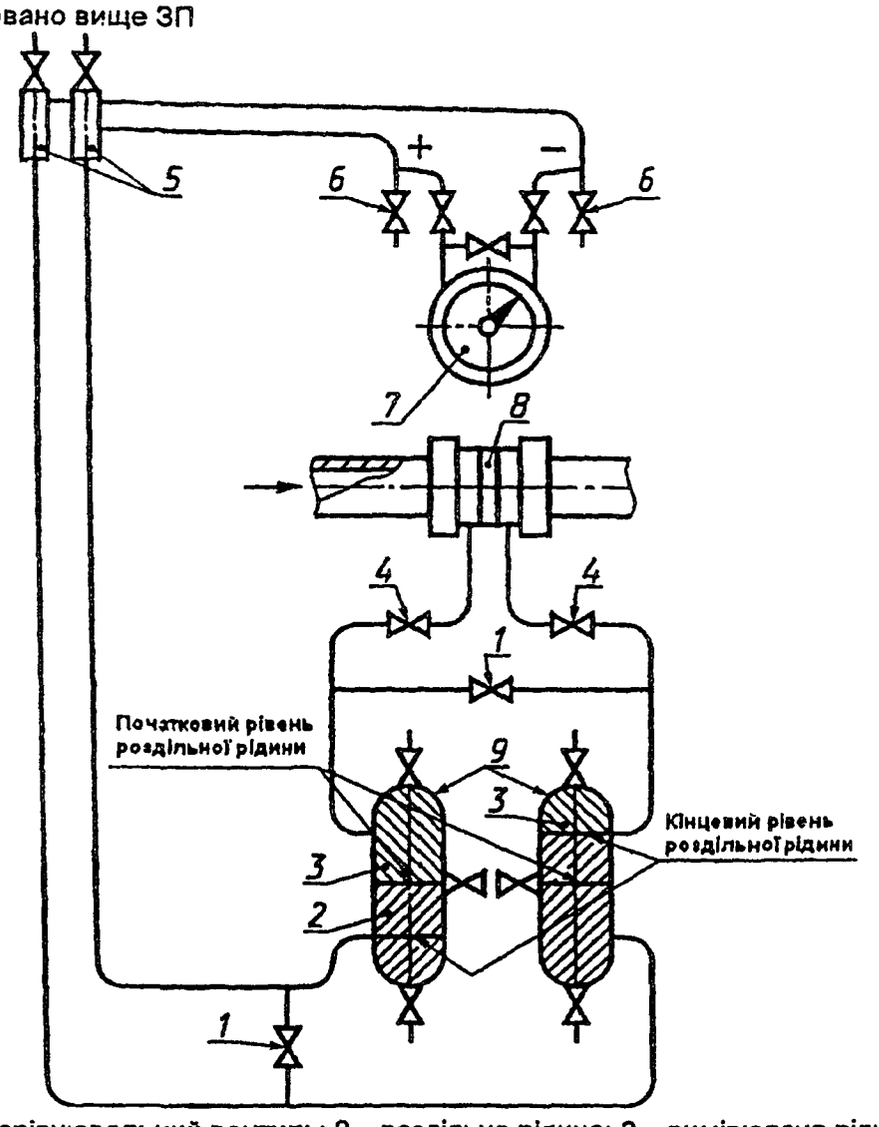
а) ППТ розташовано нижче ЗП



1 – ППТ; 2 – продувний вентиль; 3 – зрівнювальний вентиль; 4 – роздільна посудина; 5 – вимірювана рідина; 6 – кран; 7 – ЗП; 8 – роздільна рідина

Рисунок В.7

б) ППТ розташовано вище ЗП

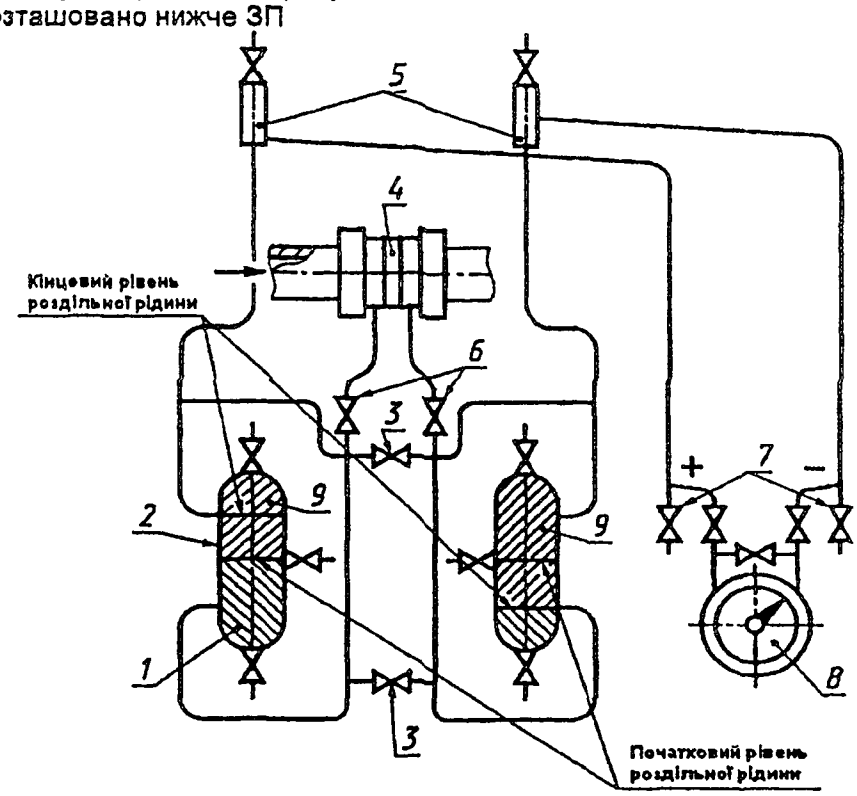


1 – зрівнювальний вентиль; 2 – роздільна рідина; 3 – вимірювана рідина;
4 – кран; 5 – газозбірник; 6 – продувний вентиль;
7 – ППТ; 8 – ЗП; 9 – роздільна посудина

Рисунок В.8

В.2.2 Схеми встановлення роздільних посудин під час вимірювання витрати рідини, яка є важчою за роздільну, зображено на рисунках В.9 і В.10:

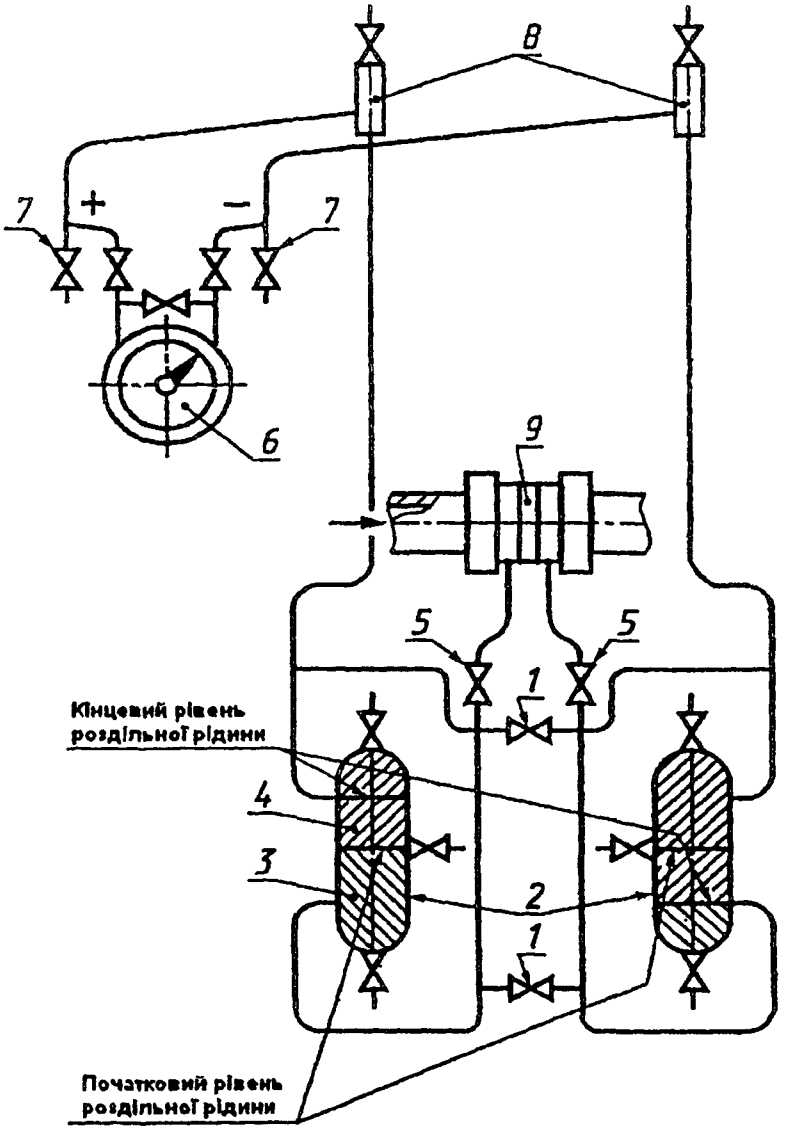
а) ППТ розташовано нижче ЗП



1 – вимірювана рідина; 2 – роздільна посудина; 3 – зрівнювальний вентиль;
4 – ЗП; 5 – газозбірник; 6 – кран;
7 – продувний вентиль; 8 – ППТ; 9 – роздільна рідина

Рисунок В.9

б) ППТ розташовано вище ЗП

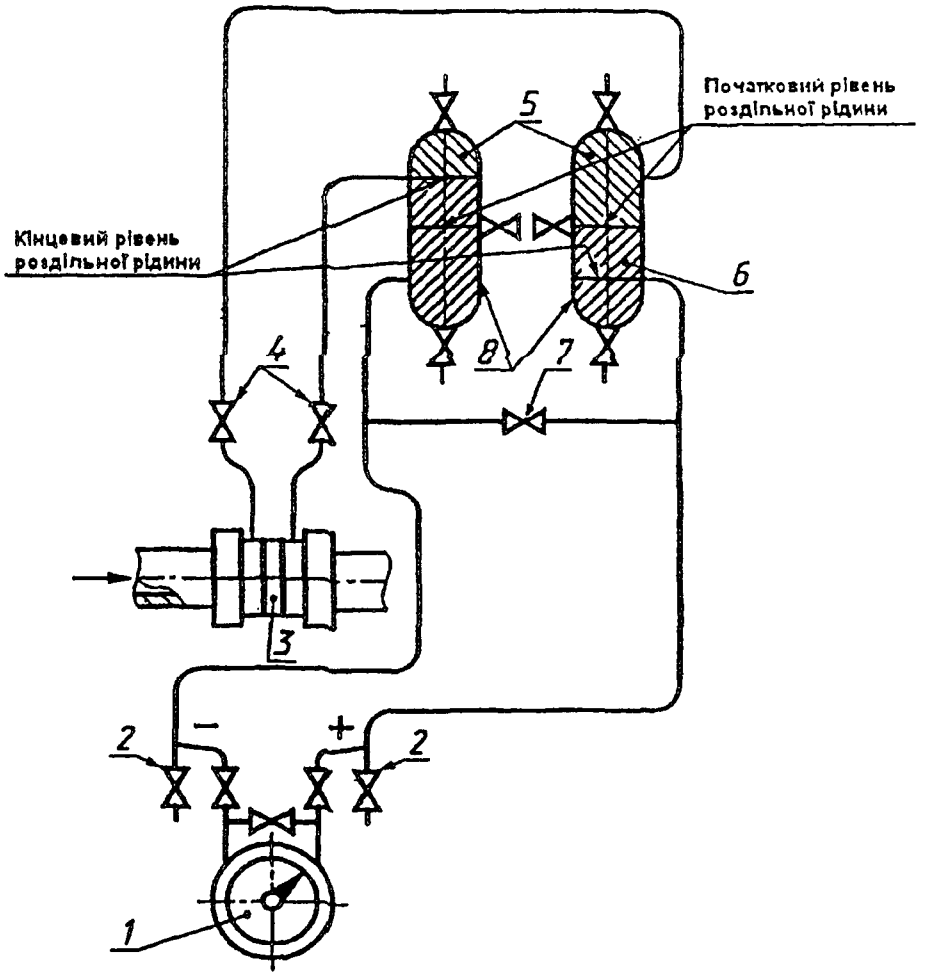


1 – зрівнювальний вентиль; 2 – роздільна посудина; 3 – вимірювана рідина;
4 – роздільна рідина; 5 – кран; 6 – ППТ;
7– продувний вентиль; 8 – газозбірник; 9 – ЗП

Рисунок В.10

В.2.3 Схеми встановлення роздільних посудин під час вимірювання витрати газу зображено на рисунках В.11 і В.12:

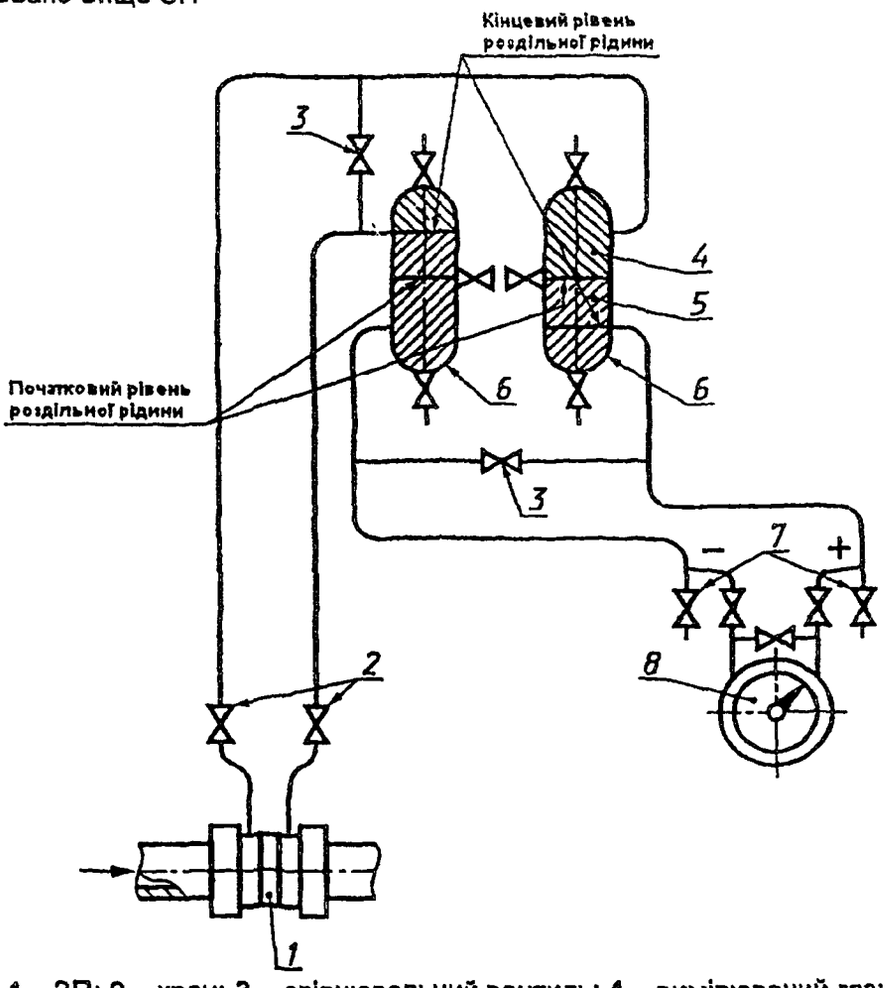
а) ППТ розташовано нижче ЗП



1 – ППТ; 2 – продувний вентиль; 3 – ЗП; 4 – кран; 5 – вимірюваний газ; 6 – роздільна рідина; 7 – зрівнювальний вентиль; 8 – роздільна посудина

Рисунок В.11

б) ППТ розташовано вище ЗП



1 – ЗП; 2 – кран; 3 – зрівнювальний вентиль; 4 – вимірюваний газ;
5 – роздільна рідина; 6 – роздільна посудина; 7 – продувний вентиль; 8 – ППТ

Рисунок В.12

ДОДАТОК Г
(довідковий)

СХЕМИ ПРИЄДНАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПЕРЕПАДУ ТИСКУ АБО ДИФМАНОМЕТРА

Чистий сухий газ

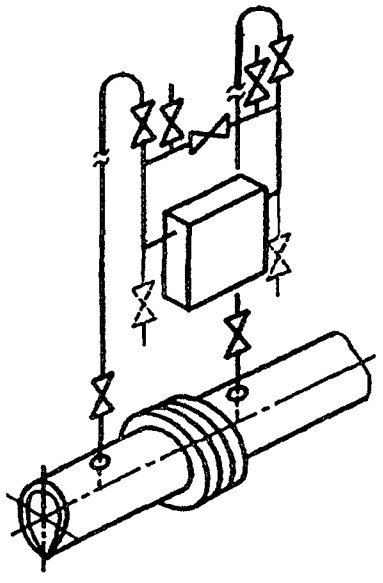


Рисунок Г.1 – ППТ над трубопроводом

Чистий сухий газ

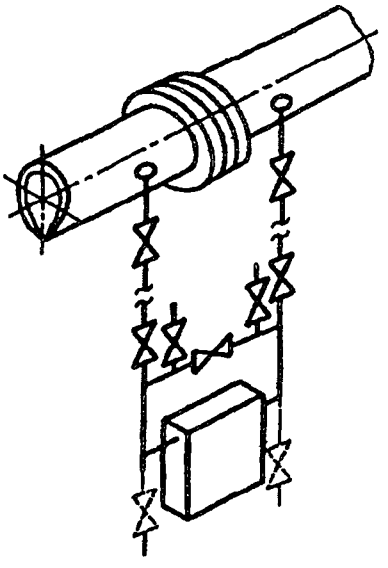


Рисунок Г.2 – ППТ під трубопроводом

Чистий сухий газ

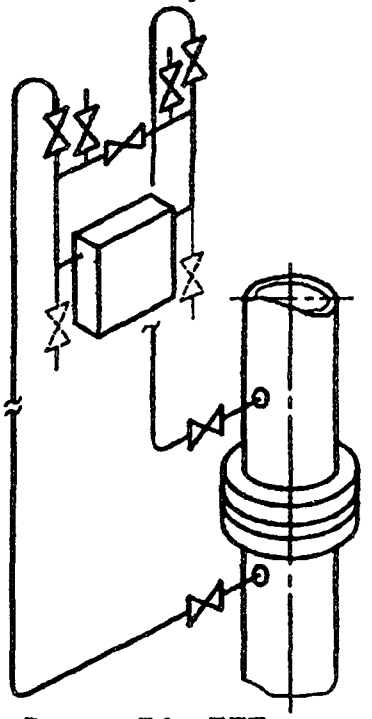


Рисунок Г.3 – ППТ вище отворів для відбирання тиску.Вертикальний трубопровід

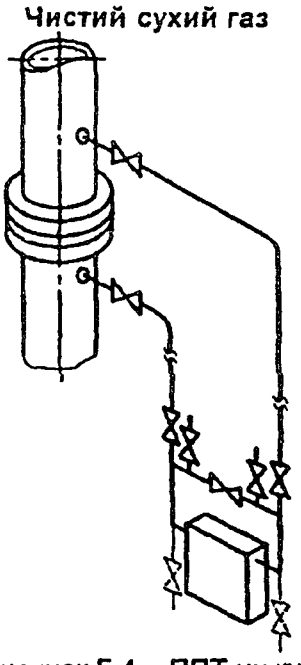


Рисунок Г.4 – ППТ нижче отворів для відбирання тиску. Вертикальний трубопровід

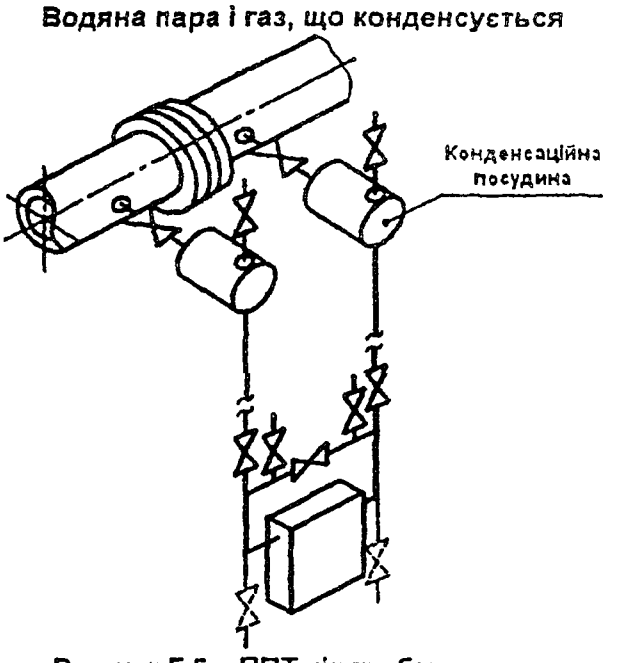


Рисунок Г.5 – ППТ під трубопроводом

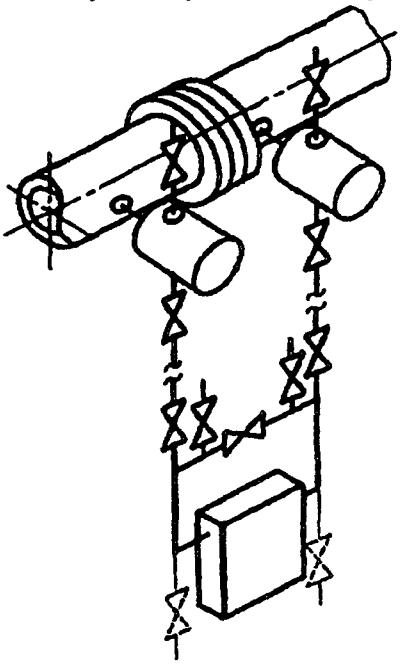
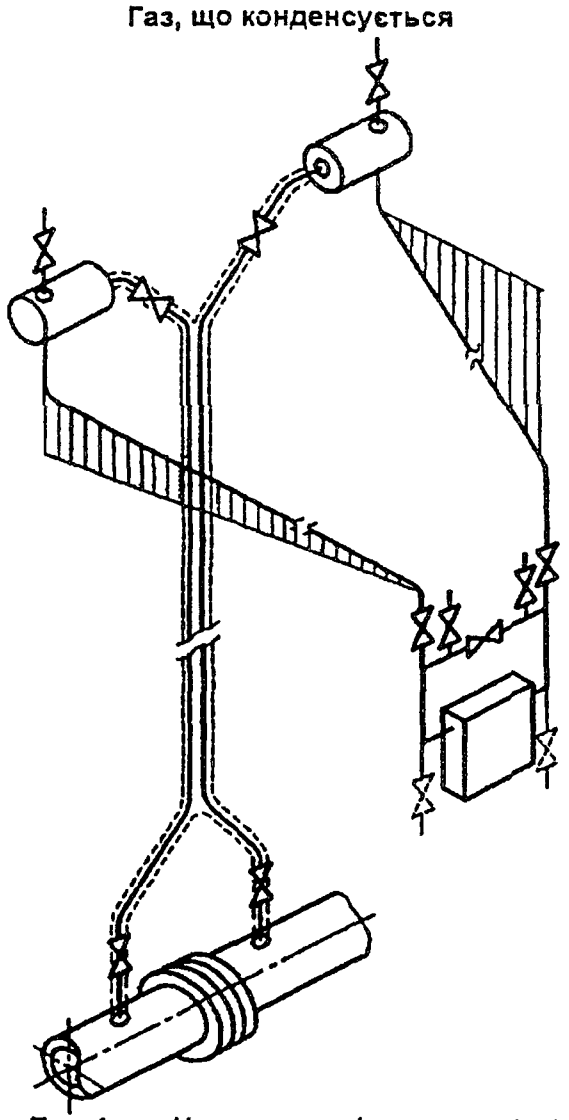


Рисунок Г.6 – ППТ під трубопроводом (варіант)



Примітка. Нахил двох з'єднувальних трубок однаковий

Рисунок Г.7 – ППТ над трубопроводом

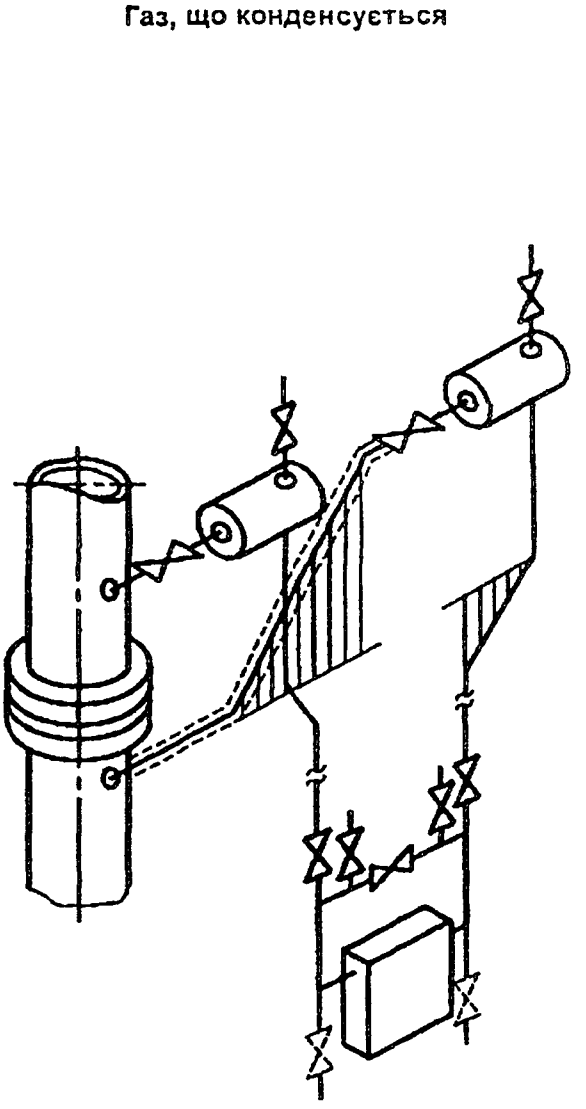


Рисунок Г.8 – ППТ нижче отворів для відбирання тиску. Вертикальний трубопровід

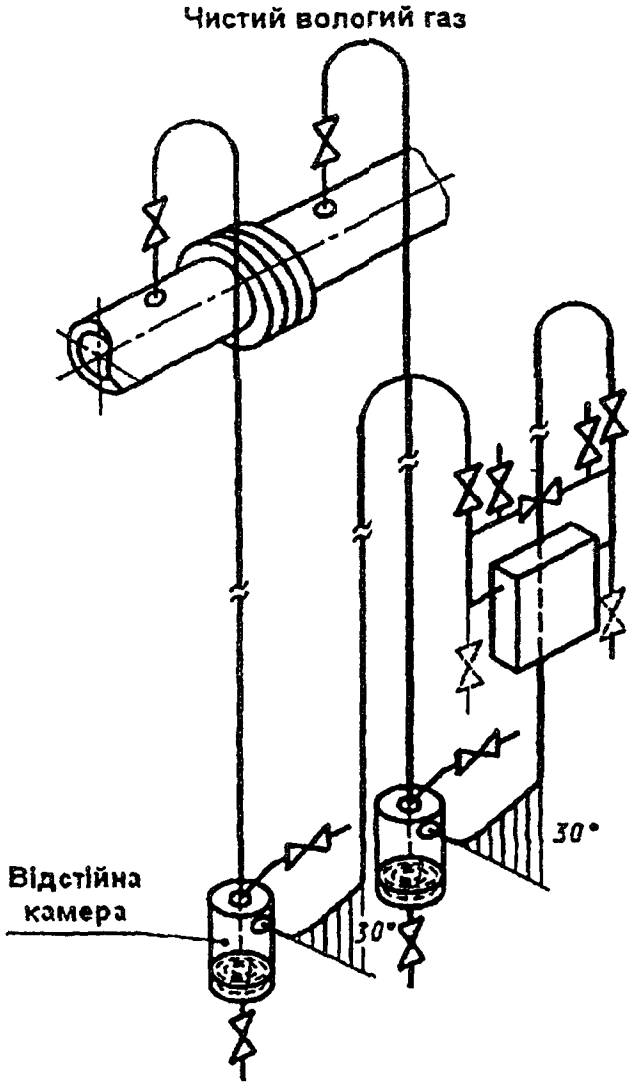


Рисунок Г.9 – ППТ під трубопроводом

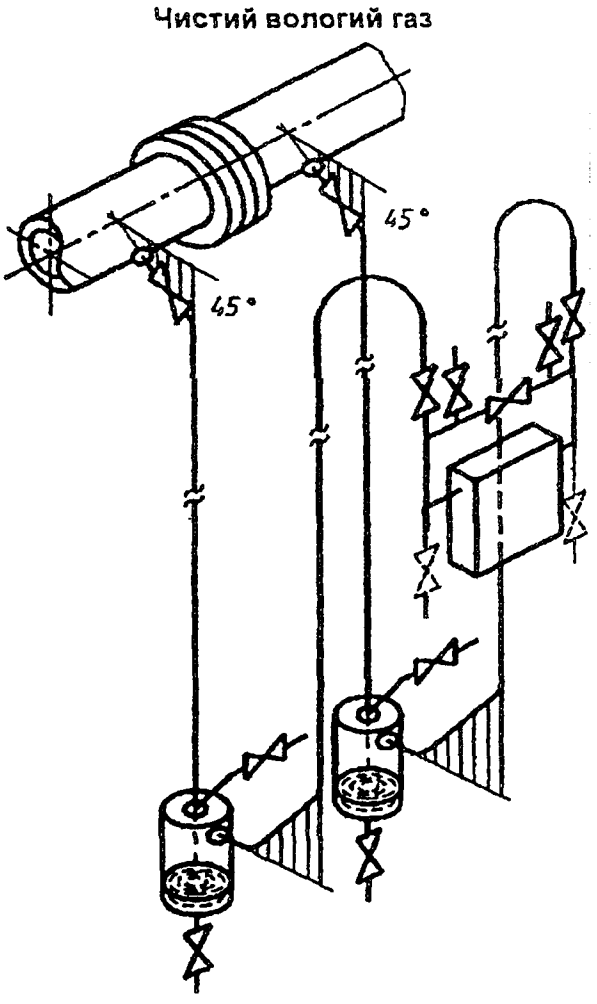


Рисунок Г. 10 – ППТ під трубопроводом (варіант)

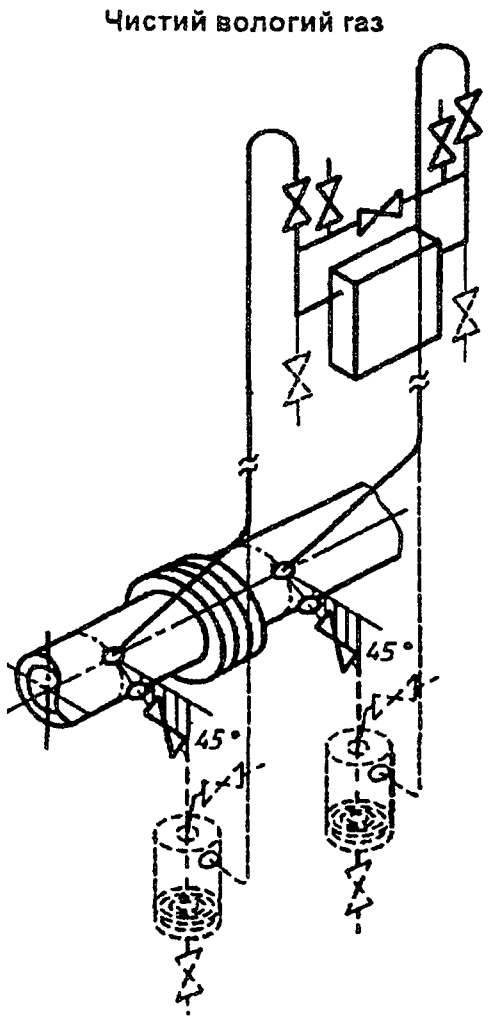
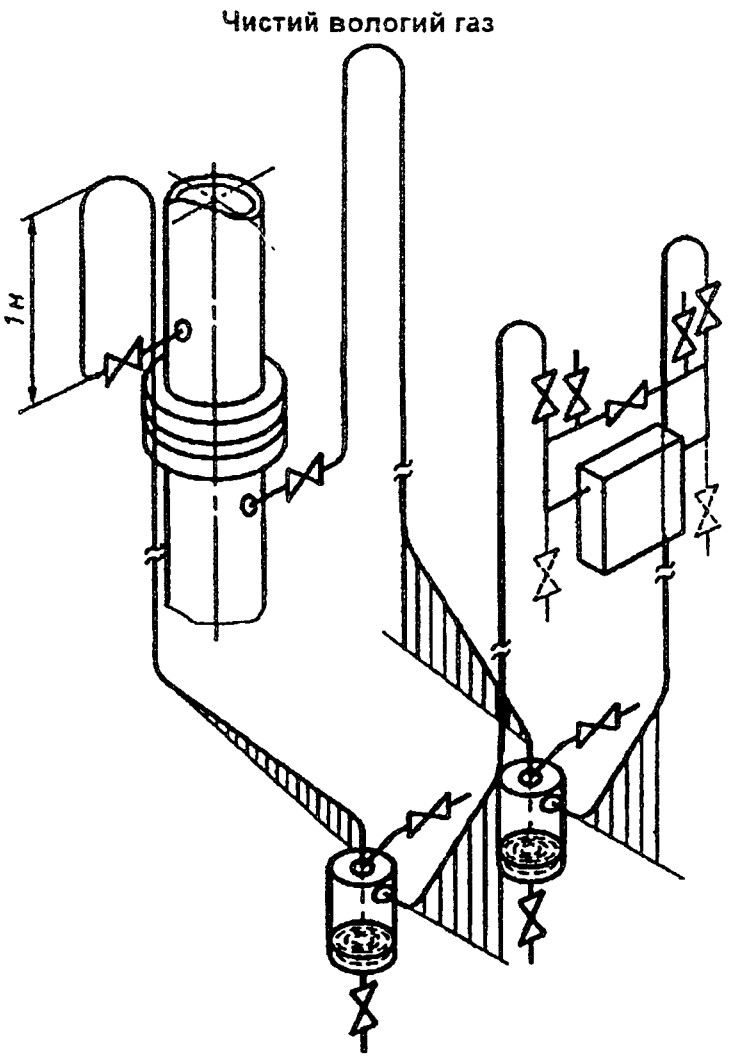


Рисунок Г.11 – ППТ над трубопроводом (два варіанти)



Примітка 1. Нахил двох з'єднувальних трубок однаковий.

Примітка 2. Під час вимірювання витрати чистого вологого газу в вертикальних трубопроводах слід зважати на небезпеку забруднення отворів для відбирання тиску

Рисунок Г. 12 – ППТ нижче отворів для відбирання тиску. Вертикальний трубопровід

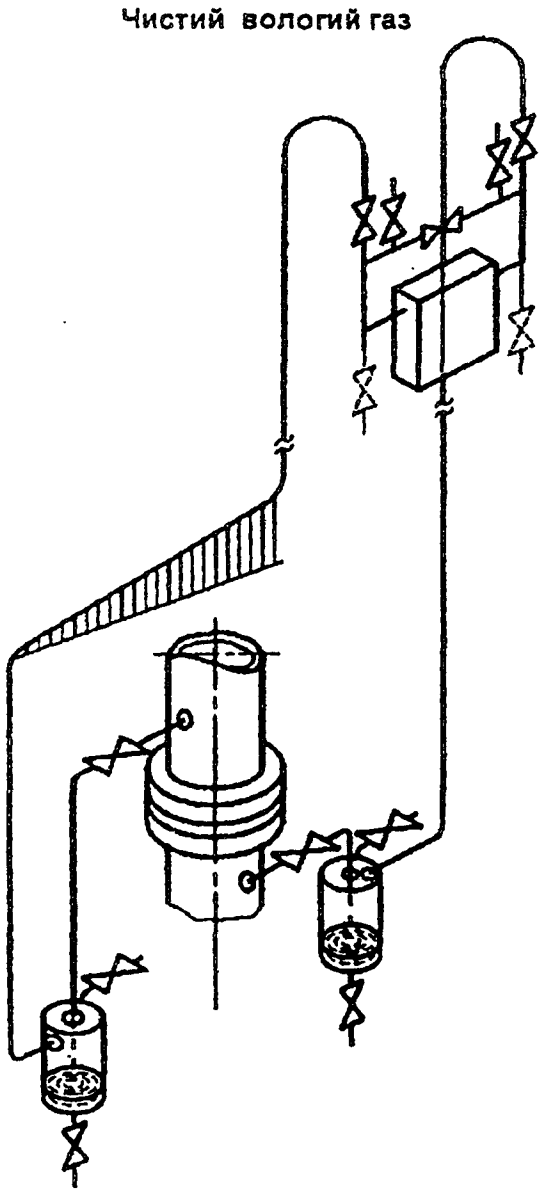
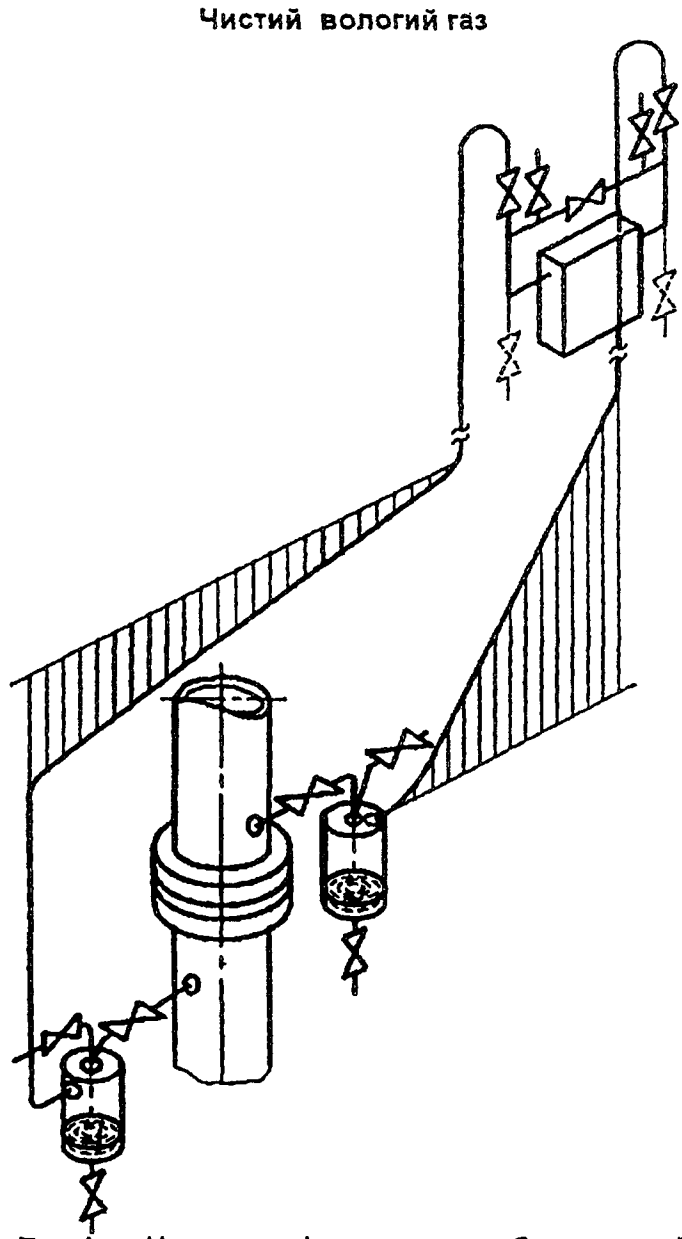


Рисунок Г.13 – ППТ вище отворів для відбирання тиску. Вертикальний трубопровід (варіант)



Примітка. Нахил двох з'єднувальних трубок однаковий

Рисунок Г. 14 – ППТ вище отворів для відбирання тиску. Вертикальний трубопровід (варіант)

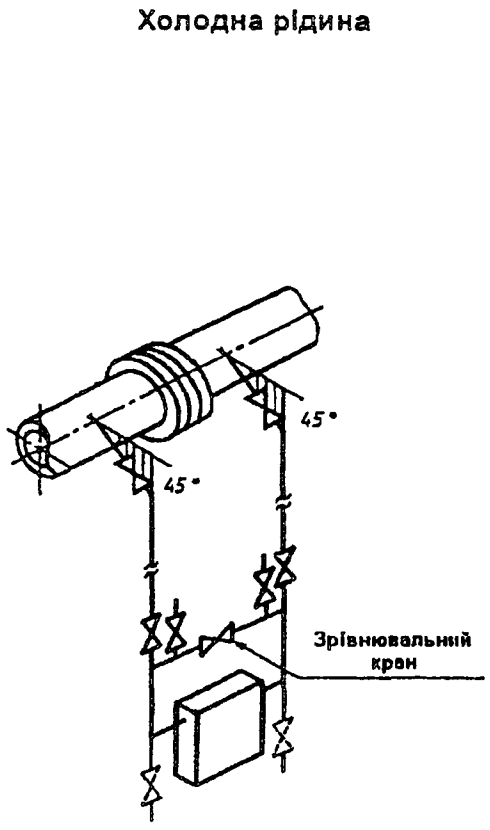


Рисунок Г.15 – ППТ під трубопроводом

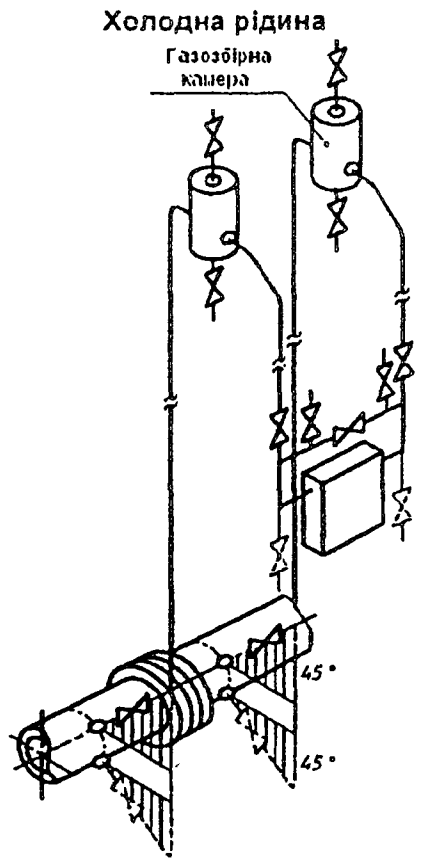


Рисунок Г. 16 – ППТ над трубопроводом

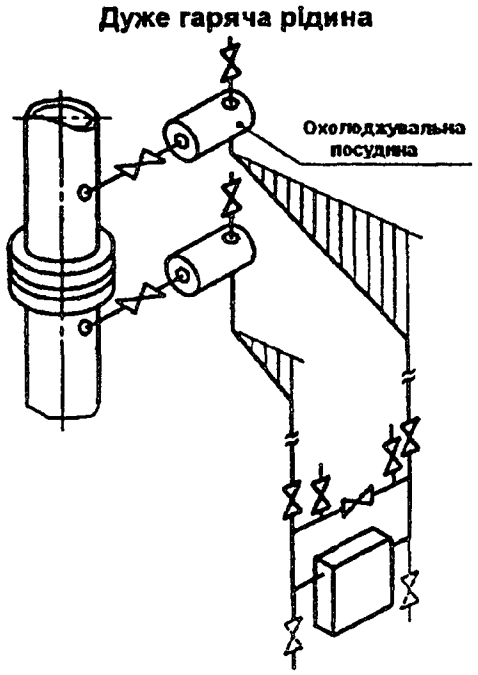
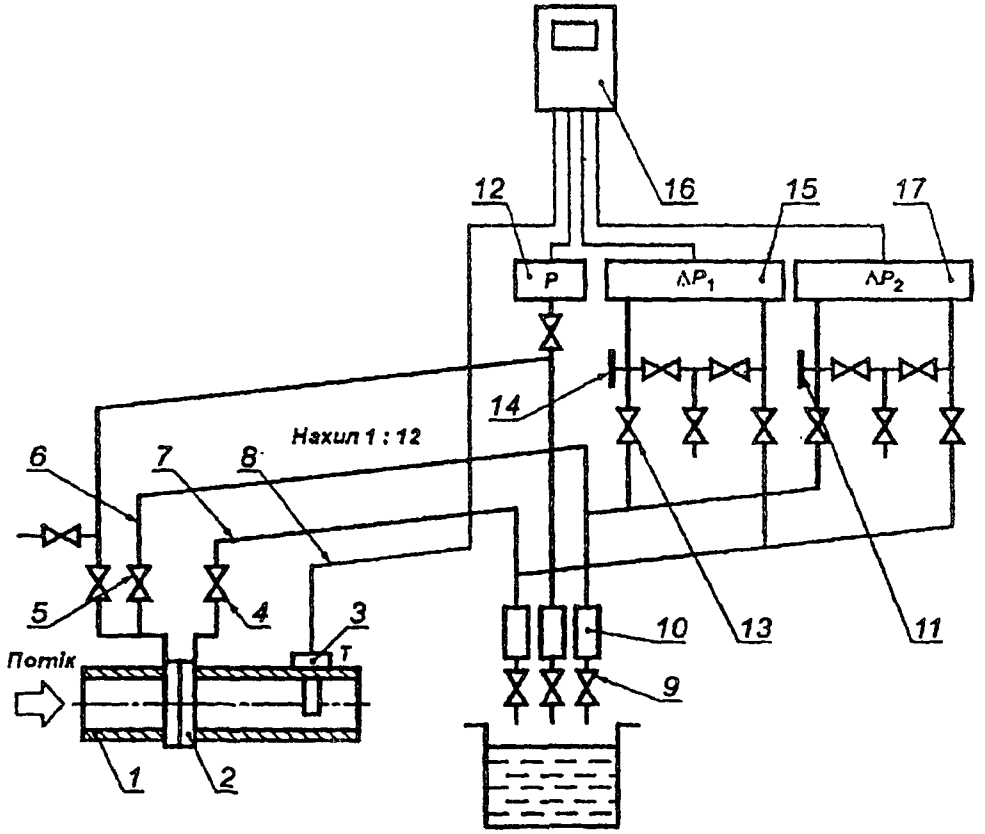


Рисунок Г. 17 – Вертикальний трубопровід



1 – вимірювальний трубопровід; 2 – ЗП; 3 – давач температури; 4, 5 – відсічні вентилі; 6, 7 – з'єднувальні лінії; 8 – кабель для з'єднання давача температури з обчислювачем; 9 – дренажні вентилі; 10 – збірники конденсату; 11 – заглушка; 12 – давач тиску; 13 – вентильний блок; 14 – штуцер зі знімною різьбою; 15 – основний дифманометр; 16 – обчислювач; 17 – додатковий дифманометр

Рисунок Г.18 – Приклад підключення двох дифманометрів

ДОДАТОК Д
(довідковий)

ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ СЕРЕДОВИЩА

Д.1 Приклад розрахунку витрати природного газу для діафрагми з кутовим способом відбирання тиску

Вихідні дані, розрахунок проміжних величин і витрати природного газу наведено в таблицях Д.1.1 – Д.1.3.

Таблиця Д.1.1 – Вихідні дані

Назва величини	Умовна позначка	Одиниця величини	Значення
1 Діаметр отвору діафрагми за температури 20°С	d_{20}	м	0,084
2 Внутрішній діаметр ВТ за температури 20 °С	D_{20}	м	0,15
3 Середній арифметичний відхил профілю шорсткості ВТ (нова, безшовна, холоднотягнута)	Ra	м	0,00001
4 Матеріал, з якого виготовлено діафрагму	Сталь марки 12Х18Н9Т		
5 Матеріал, з якого виготовлено ВТ	Сталь марки 20		
6 Початковий радіус вхідного канта діафрагми	$r_н$	м	0,00005
7 Поточний час $\tau_т$ експлуатації діафрагми з моменту визначення початкового радіуса вхідного канта діафрагми	$\tau_т$	рік	0,495
8 Вміст вуглекислого газу в природному газі	$x_у$	1	0,002
9 Вміст азоту в природному газі	$x_а$	1	0,01
10 Густина природного газу за стандартних умов	$\rho_с$	кг/м^3	0,68
11 Відносна вологість природного газу	φ	%	0
12 Перепад тиску на діафрагмі	Δp	Па	16000
13 Надлишковий тиск	$p_н$	Па	1200000
14 Атмосферний тиск	$p_а$	Па	100500
15 Температура природного газу	t	°С	2

Таблиця Д.1.2 – Розрахунок проміжних величин

Розрахункові величини	Умовна познака	Одиниця величини	Познака стандарту і номер формули або пункту	Значення
1 Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра отвору діафрагми, зумовлену відхилом температури природного газу від 20 °С	K_{cy}	-	ГОСТ 8.586.1, формула (5.6)	0,999719
2 Діаметр отвору діафрагми за робочої температури	d	м	ГОСТ 8.586.1, формула (5.4)	0,0839764
3 Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра ВТ, зумовлену відхилом температури природного газу від 20 °С	$K_т$	-	ГОСТ 8.586.1, формула (5.7)	0,999800
4 Внутрішній діаметр ВТ на вході в діафрагму за робочої температури природного газу	D	м	ГОСТ 8.586.1, формула (5.5)	0,149970
5 Відносний діаметр отвору діафрагми	β	-	ГОСТ 8.586.1, формула (3.1)	0,559955
6 Коефіцієнт швидкості входження	E	-	ГОСТ 8.586.1, формула (3.6)	1,05311
7 Поправковий коефіцієнт, який враховує притуплення вхідного канта діафрагми	$K_п$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.13)	1,00309
8 Абсолютний тиск природного газу перед діафрагмою	p	Па	ГОСТ 8.586.5, формула (6.2)	1300500
9 Термодинамічна температура природного газу	T	К	ГОСТ 8.586.5, формула (6.3)	275,15
10 Фактор стисливості природного газу за стандартних умов	Z_c	-	ГОСТ 30319.1, формула (24)	0,998095
11 Фактор стисливості природного газу за робочих умов	Z	-	ГОСТ 30319.2, формула (6)	0,969849
12 Коефіцієнт стисливості природного газу	K	-	ГОСТ 30319.1, формула (7)	0,971700
13 Густина природного газу	ρ	кг/м^3	ГОСТ 30319.1, формула (6)	9,56954
14 Динамічна в'язкість природного газу	μ	Па·с	ГОСТ 30319.1, формули (44) і (45)	$1{,}04961 \cdot 10^{-5}$
15 Показник адіабати природного газу	κ	-	ГОСТ 30319.1, формула (28)	1,31174
16 Коефіцієнт розширення	ε	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.7)	0,996382

Таблиця Д.1.3 – Розрахунок витрати середовища

Назва величини	Умовна познака	Одиниця величини	Познака стандарту і номер формули або пункту	Значення
1 Початкове значення числа Рейнольдса	Re_1	-	-	10^6
2 Коефіцієнт витікання	C_1	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.6)	0,605035
3 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$K_{ш1}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.11)	1,00000
4 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов, за числа Рейнольдса $Re = 10^6$	q_{c1}	м³/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.8)	2,87036
5 Уточнене значення числа Рейнольдса	Re_2	-	ГОСТ 8.586.5, формула (5.11)	1578785
6 Коефіцієнт витікання	C_2	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.6)	0,604615
7 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$K_{ш2}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.11)	1,00000
8 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов, за числа Рейнольдса Re_2	q_{c2}	м³/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.8)	2,86837
9 Відносний відхил	$100\frac{\lvert q_{c2} - q_{c1}\rvert}{q_{c2}}$	%	ГОСТ 8.586.5, формула (8.1)	0,0693774
10 Уточнене значення числа Рейнольдса	Re_3	-	ГОСТ 8.586.5, формула (5.11)	1577691
11 Коефіцієнт витікання	C_3	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.6)	0,604616
12 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$K_{ш3}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.11)	1,00000
13 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов, за числа Рейнольдса Re_3	q_{c3}	м³/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.8)	2,86837
14 Відносний відхил	$100\frac{\lvert q_{c3} - q_{c2}\rvert}{q_{c3}}$	%	ГОСТ 8.586.5, формула (8.1)	0,000
15 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов	q_c	м³/с	-	2,86837

Д.2 Приклад розрахунку витрати перегрітої пари для сопла ИСА 1932

Вихідні дані, розрахунок проміжних величин і розрахунок витрати перегрітої водяної пари наведені в таблицях Д.2.1 – Д.2.3.

Таблиця Д.2.1 – Вихідні дані

Назва величини	Умовна познака	Одиниця величини	Значення
1 Діаметр горловини сопла ИСА 1932 за температури 20 °С	d_{20}	м	0,069789
2 Внутрішній діаметр ВТ на вході в сопло ИСА 1932 за температури 20 °С	D_{20}	м	0,1003
3 Еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні прямої ділянки ВТ (для нової труби зі сталі)	$R_ш$	м	0,0001
4 Матеріал	Сталь марки 12Х18Н10Т		
5 Матеріал трубопроводу	Сталь марки 12Х18Н9Т		
6 Перепад тиску на соплі ИСА 1932	Δp	кПа	16
7 Надлишковий тиск	$p_и$	МПа	2,5
8 Атмосферний тиск	$p_а$	гПа	1005
9 Температура перегрітої пари	t	°С	380

Таблиця Д.2.2 – Розрахунок проміжних величин

Назва величини	Умовна познака	Одиниця величини	Познака стандарту і номер формули або пункту	Значення
1 Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра горловини сопла ИСА 1932, спричинену відхилом температури перегрітої пари від 20 °С	K_{ty}	-	ГОСТ 8.586.1, формула (5.6)	1,00673
2 Діаметр горловини сопла ISA 1932 за робочої температури	D	м	ГОСТ 8.586.1, формула (5.4)	0,070259
3 Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра ВТ, спричинену відхилом температури перегрітої пари від 20 °С	$K_т$	-	ГОСТ 8.586.1, формула (5.7)	1,00709
4 Внутрішній діаметр ВТ на вході в сопло ISA 1932 за робочої температури	D	м	ГОСТ 8.586.1, формула (5.5)	0,101011
5 Відносний діаметр горловини сопла ISA 1932	β	-	ГОСТ 8.586.1, формула (3.1)	0,69556
6 Коефіцієнт швидкості входу	E	-	ГОСТ 8.586.1, формула (3.6)	1,14263
7 Абсолютний тиск перегрітої пари перед соплом ISA 1932	p	Па	ГОСТ 8.586.5, формули (6.2), (А.2)	2600500
8 Термодинамічна температура перегрітої пари	T	К	ГОСТ 8.586.5, формула (6.3)	653,15
9 Густина перегрітої пари	ρ	кг/м^3	ГСССД 188-99 [3]	8,982
10 Динамічна в'язкість перегрітої пари	μ	Па·с	ГСССД 6-89 [6]	$23{,}5\cdot10^{-6}$
11 Показник адіабати перегрітої пари	κ	-	[7]	1,29
12 Коефіцієнт розширення	ε	-	ГОСТ 8.586.3, формула (5.2)	0,99497
13 Середній арифметичний відхил профілю шорсткості ВТ (нова, безшовна гарячої витяжки)	Ra	м	ГОСТ 8.586.1, 3.4.2 і 3.4.3	$3{,}183\cdot10^{-5}$

Таблиця Д.2.3 – Розрахунок витрати перегрітої пари

Назва величини	Умовна познака	Одиниця величини	Познака стандарту і номер формули або пункту	Значення
1 Початкове значення числа Рейнольдса	Re_1	-	-	10^6
2 Коефіцієнт витікання	C_1	-	ГОСТ 8.586.3, формула (5.1)	0,93887
3 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$K_{ш1}$	-	ГОСТ 8.586.3, формула (5.3)	1,00464
4 Масова витрата перегрітої пари при числі Рейнольдса $Re=10^6$	q_{m1}	кг/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.2)	2,22888
5 Уточнене значення числа Рейнольдса	Re_2	-	ГОСТ 8.586.5, формула (5.9)	$1,19553 \cdot 10^6$
6 Коефіцієнт витікання	C_2	-	ГОСТ 8.586.3, формула (5.1)	0,93888
7 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$K_{ш2}$	-	ГОСТ 8.586.3, формула (5.3)	1,00464
8 Масова витрата перегрітої пари при числі Рейнольдса Re_2	q_{m2}	кг/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.2)	2,22891
9 Відносний відхил	$100\frac{\lvert q_{m2}-q_{m1}\rvert}{q_{m2}}$	%	ГОСТ 8.586.5, формула (8.1)	0,001
10 Уточнене значення числа Рейнольдса	Re_3	-	ГОСТ 8.586.5, формула (5.9)	$1,19554 \cdot 10^6$
11 Коефіцієнт витікання	C_3	-	ГОСТ 8.586.3, формула (5.1)	0,93888
12 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$K_{ш3}$	-	ГОСТ 8.586.3, формула (5.3)	1,00464
13 Масова витрата перегрітої пари при числі Рейнольдса Re_3	q_{m3}	кг/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.2)	2,22891
14 Відносний відхил	$100\frac{\lvert q_{m3}-q_{m2}\rvert}{q_{m3}}$	%	ГОСТ 8.586.5, формула (8.1)	0,000
15 Масова витрата перегрітої пари	q_m	кг/с	-	2,22891

Д.3. Приклад розрахунку кількості природного газу для діафрагми з кутовим способом відбирання тиску

Вихідні дані, розрахунок проміжних величин і розрахунок кількості природного газу наведено в таблицях Д.3.1– Д.3.3.

Таблиця Д.3.1 – Вихідні дані

Назва величини	Умовна позначка	Одиниця величини	Значення
1 Діаметр отвору діафрагми за температури 20 °С	d_{20}	мм	36
2 Внутрішній діаметр ВТ на вході в діафрагму за температури 20 °С	D_{20}	мм	50
3 Еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні прямої ділянки ВТ (ледь іржава)	$R_ш$	мм	0,15
4 Матеріал, з якого виготовлена діафрагма	Сталь марки 12Х18Н9Т		
5 Матеріал, з якого виготовлено ВТ	Сталь марки 20		
6 Початковий радіус вхідного канта діафрагми	$r_н$	мм	0,04
7 Міжконтрольний інтервал ЗП	$\tau_у$	рік	0,5
8 Вміст вуглекислого газу в природному газі	$x_у$	1	0,002
9 Вміст азоту в природному газі	$x_в$	1	0,01
10 Густина природного газу за стандартних умов	$\rho_с$	кг/м^3	0,68
11 Відносна вологість природного газу	φ	%	0
12 Верхня межа вимірювання перепаду тиску	$\Delta p_в$	кгс/см^2	0,1
13 Функція перетворювача комплекту пристроїв для вимірювання перепаду тиску	Лінійна		
14 Верхня межа вимірювання надлишкового тиску	$p_{нв}$	кгс/см^2	2
15 Верхня межа показів кореневого планіметра	$N_{кв}$	-	5
16 Верхня межа показів пропорційного планіметра	$N_{пв}$	-	12
17 Період часу визначення кількості природного газу	$\tau = \tau_к - \tau_н$	год	24
18 Покази кореневого планіметра після опрацювання запису перепаду тиску на діафрагмі	$N_к$	-	2
19 Покази пропорційного планіметра після опрацювання запису надлишкового тиску природного газу	$N_п$	-	3
20 Атмосферний тиск	$p_а$	мм рт. ст.	725
21 Середнє значення температури природного газу (за термометром в середньому за добу)	$\bar{t}$	°С	23

Таблиця Д.3.2 – Розрахунок проміжних величин

Назва величини	Умовна позначка	Одиниця величини	Позначка стандарту і номер формули або пункту	Значення
1 Діаметр отвору діафрагми за температури 20 °С	d_{20}	м	ГОСТ 8.586.5, формула (А.4)	0,036
2 Внутрішній діаметр ВТ на вході в діафрагму за температури 20 °С	D_{20}	м	ГОСТ 8.586.5, формула (А.5)	0,05
3 Еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні прямої ділянки ВТ (ледь іржава)	$R_ш$	м	ГОСТ 8.586.5, формула А.3	$1,5 \cdot 10^{-4}$
4 Верхня межа вимірювання перепаду тиску	$\Delta p_в$	Па	ГОСТ 8.586.5, формула (А.3)	9806,65
5 Верхня межа вимірювання надлишкового тиску	$p_{ив}$	Па	ГОСТ 8.586.5, формула (А.2)	196133
6 Атмосферний тиск	$p_а$	Па	ГОСТ 8.586.5, формула (А.2)	96657
7 Середнє значення квадратного кореня з перепаду тиску на діафрагмі	$\overline{\sqrt{\Delta p}}$	$\left(\frac{кгс}{см^2}\right)^{0,5}$	ГОСТ 8.586.5, Додаток Е	0,04
8 Середнє значення перепаду тиску на діафрагмі	$\overline{\Delta p}$	Па	ГОСТ 8.586.5, формула (А.3)	1569
9 Середнє значення надлишкового тиску	$\overline{p_и}$	Па	ГОСТ 8.586.5, Додаток Е	49033
10 Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра отвору діафрагми, спричинену відхиленням температури природного газу від 20 °С	$\overline{K_{ту}}$	-	ГОСТ 8.586.1, формула (5.6)	1,00005
11 Діаметр отвору діафрагми за робочої температури	$\overline{d}$	м	ГОСТ 8.586.1, формула (5.4)	0,0360018
12 Коефіцієнт, який враховує зміну діаметра ВТ, спричинену відхиленням температури природного газу від 20 °С	$\overline{K_т}$	-	ГОСТ 8.586.1, формула (5.7)	1,00003
13 Внутрішній діаметр ВТ на вході в діафрагму за робочої температури природного газу	$\overline{D}$	м	ГОСТ 8.586.1, формула (5.5)	0,050002
14 Відносний діаметр отвору діафрагми	$\overline{\beta}$	-	ГОСТ 8.586.1, формула (3.1)	0,720007
15 Коефіцієнт швидкості входження	$\overline{E}$	-	ГОСТ 8.586.1, формула (3.6)	1,16941
16 Поправковий коефіцієнт, який враховує притуплення вхідного канта діафрагми	$\overline{K_п}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.16)	1,00823
17 Середнє значення абсолютного тиску природного газу перед діафрагмою	$\overline{p}$	Па	ГОСТ 8.586.5, формула (6.2)	145690
18 Середнє значення термодинамічної температури природного газу	$\overline{T}$	К	ГОСТ 8.586.5, формула (6.3)	296,15
19 Фактор стисливості природного газу за стандартних умов	$\overline{Z_с}$	-	ГОСТ 30319.2, формула (24)	0,998095
20 Фактор стисливості природного газу за робочих умов	$\overline{Z}$	-	ГОСТ 30319.2, формула (6)	0,997396
21 Коефіцієнт стисливості	$\overline{K}$	-	ГОСТ 30319.1, формула (7)	0,999299
22 Густина природного газу	$\overline{\rho}$	$кг/м^3$	ГОСТ 30319.1, формула (6)	0,968510

Кінець таблиці Д.3.2

23 Динамічна в'язкість природного газу	$\bar{\mu}$	Па·с	ГОСТ 30319.1, формули (44) і (45)	$11,1315 \cdot 10^{-6}$
24 Показник адіабати природного газу	$\bar{\kappa}$	-	ГОСТ 30319.1, формула (28)	1,30102
25 Коефіцієнт розширення	$\bar{\varepsilon}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.7)	0,995964
26 Середнє арифметичне відхилення профілю шорсткості ВТ (ледь іржава)	$\overline{Ra}$	м	ГОСТ 8.586.1, 3.4.2 і 3.4.3	$4,7746 \cdot 10^{-5}$

Таблиця Д.3.3 – Розрахунок кількості природного газу

Назва величини	Умовна познака	Одиниця величини	Познака стандарту і номер формули або пункту	Значення
1 Початкове значення числа Рейнольдса	Re_1	-	-	10^6
2 Коефіцієнт витікання	$\overline{C_1}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.6)	0,600737
3 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$\overline{K_{ш1}}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.11)	1,01832
4 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов, за числа Рейнольдса $Re=10^6$	$\overline{q_{c1}}$	м³/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.8)	0,0592852
5 Уточнене значення числа Рейнольдса	$\overline{Re_2}$	-	ГОСТ 8.586.5, формула (5.11)	92220
6 Коефіцієнт витікання	$\overline{C_2}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.6)	0,609559
7 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$\overline{K_{ш2}}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.11)	1,01097
8 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов, за числа Рейнольдса $\overline{Re_2}$	$\overline{q_{c2}}$	м³/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.8)	0,0597218
9 Відносний відхил	$100\frac{\lvert\overline{q_{c2}}-\overline{q_{c1}}\rvert}{\overline{q_{c2}}}$	%	ГОСТ 8.586.5, формула (8.1)	0,731056
10 Уточнене значення числа Рейнольдса	$\overline{Re_3}$	-	ГОСТ 8.586.5, формула (5.11)	92899
11 Коефіцієнт витікання	$\overline{C_3}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.6)	0,609514
12 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$\overline{K_{ш3}}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.11)	1,01099
13 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов, за числа Рейнольдса $\overline{Re_3}$	$\overline{q_{c3}}$	м³/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.8)	0,0597183

Кінець таблиці Д.3.3

Назва величини	Умовна познака	Одиниця величини	Познака стандарту і номер формули або пункту	Значення
14 Відносний відхил	$100\frac{\lvert\overline{q_{c3}}-\overline{q_{c2}}\rvert}{\overline{q_{c3}}}$	%	ГОСТ 8.586.5, формула (8.1)	0,00586085
15 Уточнене значення числа Рейнольдса	$\overline{Re_4}$	-	ГОСТ 8.586.5, формула (5.11)	92899
16 Коефіцієнт витікання	$\overline{C_4}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.6)	0,609514
17 Поправковий коефіцієнт, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні ВТ	$\overline{K_{ш4}}$	-	ГОСТ 8.586.2, формула (5.11)	1,01099
18 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов	$\overline{q_{c4}}$	м³/с	ГОСТ 8.586.5, формула (5.8)	0,0597183
19 Відносний відхил	$100\frac{\lvert q_{c4}-q_{c3}\rvert}{q_{c4}}$	%	ГОСТ 8.586.5, формула (8.1)	0,000
20 Об'ємна витрата природного газу, приведена до стандартних умов	$\overline{q_c}$	м³/год	ГОСТ 8.586.5, формула (А.4)	214,986
21 Об'єм природного газу, приведений до стандартних умов	V_c	м³	ГОСТ 8.586.5, формула (5.27)	5159,66

ДОДАТОК Е
(обов'язковий)

ПЛАНІМЕТРУВАННЯ ДІАГРАМ І ОПРАЦЮВАННЯ ПОКАЗІВ ІНТЕГРУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Е. 1 Методи оброблення діаграм планіметрами

Е.1.1 Під час окремого вимірювання параметрів самописними ЗВ для визначення середніх параметрів за встановлений проміжок часу застосовують електронні або механічні пропорційні, кореневі і полярні планіметри.

Е.1.2 Кореневі і пропорційні планіметри застосовують для оброблення записів значень вимірюваних параметрів на дискових діаграмах.

Полярні планіметри застосовують для оброблення записів значень вимірюваних параметрів на стрічкових діаграмах.

Е.1.3 У пропорційних планіметрах результат планіметрування є пропорційним до середнього значення радіуса планіметрованого запису у відсотках, а в кореневих планіметрах – до середнього значення квадратного кореня з радіуса планіметрованого запису у відсотках від верхньої межі вимірювання.

Полярним планіметром вимірюють площу фігури (у квадратних сантиметрах), обмеженої контуром.

Е.1.4 Планіметрування записів на діаграмах проводять відповідно до опису порядку роботи, наведеного в доданому до планіметра паспорті або інструкції.

Е.1.5 Відлік показів планіметрів здійснюють відповідно до вимог, наведених в експлуатаційній документації на них.

Для більшої достовірності результатів відліку криву запису планіметрують кілька разів і за результат остаточного відліку вважають середнє арифметичне значення цих відліків, якщо не було допущено грубих помилок.

Практикою встановлено, що достатньо триразового планіметрування записів на дисковій діаграмі і дворазового – для записів на стрічковій діаграмі, якщо не були допущені грубі помилки.

Е.1.6 В результаті планіметрування отримують абстрактні планіметричні числа $N_п$, $N_к$ і $N_л$, відповідно, для показів пропорційного, кореневого і полярного планіметрів.

Перетворення планіметричних чисел в значення вимірюваних величин залежить від характеристики перетворення ЗВ вимірюваної величини і типу застосованого планіметра.

Характеристика перетворення ЗВ вимірюваної величини може бути квадратичною або лінійною.

Характеристику перетворення вважають лінійною, якщо відхил пера самописного ЗВ є пропорційним до значення вимірюваної величини, і квадратичною, якщо відхил пера є пропорційним до квадратного кореня із значення вимірюваної величини .

Формули для обчислення середніх значень величин за час вимірювання τ (в годинах) за результатами планіметрування діаграм для найуживаніших планіметрів типу ПК, ППр і ПП-М наведено для ЗВ з лінійною функцією перетворення в таблиці Е.1, а для ЗВ з квадратичною функцією перетворення – в таблиці Е.2.

В формулах для обчислення середніх значень $\overline{p}$, $\overline{p_н}$, $\overline{\Delta p}$ значення $p_н$, $p_{ин}$, $\Delta p_н$ вважають такими, що дорівнюють нулю.

Якщо відхил пера самописного ЗВ є пропорційним до квадратного кореня із значення вимірюваної величини із збільшеним діапазоном його зміни, а планіметрування запису на дисковій діаграмі проводять пропорційним планіметром, то вимірювану величину обчислюють за формулою:

$$\overline{\sqrt{y-y_н}} = \frac{1}{9N_{пв}}\left(\frac{24}{\tau}7N_п + 200\right)\sqrt{y_в - y_н} \quad . \qquad (Е.1)$$

Під час обчислення квадратного кореня з перепаду тиску за результатами планіметрування за допомогою пропорційних планіметрів формула Е.1 набере вигляд:

$$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{1}{9N_{пв}}\left(\frac{24}{\tau}7N_п + 200\right)\sqrt{\Delta p_в}. \qquad (Е.2)$$

Таблиця Е.1 – Формули для визначення величини за результатами планіметрування діаграм ЗВ з лінійною функцією перетворення

Познака величини	Формула для обчислення величини у разі застосування планіметрів		
	кореневого	пропорційного	полярного
y	$\overline{\sqrt{y-y_н}} = \frac{24N_к}{\tau N_{кв}}\sqrt{y_в - y_н}$	$\overline{y}\text{-}y_н = \frac{24N_п}{\tau N_{пв}}(y_в\text{-}y_н)$	$\overline{y} - y_н = \frac{(y_в - y_н)\sum_{i=1}^{n} N_{пі}}{l_y l_ш}$
p	$\overline{\sqrt{p}} = \frac{24N_к}{\tau N_{кв}}\sqrt{p_в}$	$\overline{p} = \frac{24N_п}{\tau N_{пв}}p_в$	$\overline{p} = \frac{p_в\sum_{i=1}^{n} N_{пі}}{l_p l_ш}$
$p_н$	$\overline{\sqrt{p_н}} = \frac{24N_к}{\tau N_{кв}}\sqrt{p_{нв}}$	$\overline{p_н} = \frac{24N_п}{\tau N_{пв}}p_{нв}$	$\overline{p_н} = \frac{p_{нв}\sum_{i=1}^{n} N_{пі}}{l_{p_н} l_ш}$
t	$\overline{\sqrt{t-t_н}} = \frac{24N_к}{\tau N_{кв}}\sqrt{t_в - t_н}$	$\overline{t}\text{-}t_н = \frac{24N_п}{\tau N_{пв}}(t_в\text{-}t_н)$	$\overline{t} - t_н = \frac{(t_в - t_н)\sum_{i=1}^{n} N_{пі}}{l_t l_ш}$
Δp	$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{24N_к}{\tau N_{кв}}\sqrt{\Delta p_в}$	$\overline{\Delta p} = \frac{24N_п}{\tau N_{пв}}\Delta p_в$	$\overline{\Delta p} = \frac{\Delta p_в\sum_{i=1}^{n} N_{пі}}{l_{\Delta p} l_ш}$

Таблиця Е.2 – Формули для визначення величини за результатами планіметрування діаграм ЗВ з квадратичною функцією перетворення

Познака величини	Формула для обчислення величини у разі застосування планіметрів	
	пропорційного	полярного
$\sqrt{y}$	$\overline{\sqrt{y\text{-}y_н}} = \frac{24N_п}{\tau N_{пв}}\sqrt{y_в\text{-}y_н}$	$\overline{\sqrt{y\text{-}y_н}} = \frac{\sqrt{y_в\text{-}y_н}\sum_{i=1}^{n} N_{пі}}{l_{\sqrt{y}} l_ш}$
$\sqrt{\Delta p}$	$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{24N_п}{\tau N_{пв}}\sqrt{\Delta p_в}$	$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{\sqrt{\Delta p_в}\sum_{i=1}^{n} N_{пі}}{l_{\sqrt{\Delta p}} l_ш}$

Е.1.7 Для зменшення невизначеності (див. 10.4.3.3) діаграмний запис розбивають на такі ділянки, де зміни величини є незначними. Ці ділянки планіметрують окремо, визначають $\overline{y}_i$ для кожної ділянки, добувають квадратний корінь з $\overline{y}_i$ і потім обчислюють середнє значення квадратного кореня із значення вимірюваної величини за формулою:

$$\overline{\sqrt{y}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\overline{y}_i}\Delta\tau_i}{\sum_{i=1}^{n}\Delta\tau_i}. \qquad (Е.3)$$

При цьому розбиття проводять, у разі вимірювання витрати газу, як мінімум для двох параметрів, у яких діапазон зміни є найбільший, наприклад Δp і p або Δp і t, а у формулу (Е.3)

замість y підставляють $y = \Delta pp$ або $y = \frac{\Delta p}{T}$, і отримане середнє значення $\overline{\sqrt{y}}$ застосовують для визначення кількості середовища.

Е.1.8 Якщо запис періоду коливань вкладається на ділянці завдовжки не більше 5 мм і амплітуда пульсацій не перевищує 7 % від вимірюваної величини, то планіметрування виконують по середній лінії; якщо амплітуда пульсацій перевищує 7 %, то планіметрування виконують по внутрішній $\left(\sqrt{\Delta p_1}\right)$ і зовнішній $\left(\sqrt{\Delta p_2}\right)$ обвідних лініях пульсацій. В останньому випадку результатом планіметрування вважають середнє арифметичне значення квадратного кореня із значення перепаду тиску, яке обчислюють за формулою:

$$\overline{\sqrt{\Delta p}} = \frac{\sqrt{\Delta p_1} + \sqrt{\Delta p_2}}{2}. \qquad (Е.4)$$

Якщо запис періоду коливань вкладається на ділянці завдовжки понад 5 мм, то планіметрування необхідно виконувати по лінії запису вимірюваного параметра.

Е.2 Визначення величини за показами інтегратора

Е.2.1 Якщо ЗВ, вказівник якого відхиляється пропорційно до значення вимірюваної величини, містить інтегратор, то середню величину обчислюють за формулою:

$$\overline{y} = \frac{\Delta\tau_0\left(N_{y2} - N_{y1}\right)}{\tau\left(N_{в2} - N_{в1}\right)} y_в = \frac{\Delta\tau_0}{\tau}\frac{\Delta N_y}{\Delta N_в} y_в, \qquad (Е.5)$$

де $\Delta N_в = N_{в2} - N_{в1}$ – різниця показів інтегратора за час $\Delta\tau_0$ у разі встановлення верхнього значення вимірюваної величини $y_в$;

$\Delta N_y = N_{y2} - N_{y1}$ – різниця показів лічильника за час усереднення τ для вимірюваної величини y, яку визначають.

Е.2.2 Якщо ЗВ, вказівник якого відхиляється пропорційно до квадратного кореня із значення вимірюваної величини, містить інтегратор, то середнє значення цієї величини обчислюють за формулою:

$$\overline{\sqrt{y}} = \frac{\Delta\tau_0\left(N_{\sqrt{y}2} - N_{\sqrt{y}1}\right)}{\tau\left(N_{в2} - N_{в1}\right)} \cdot \sqrt{y_в} = \frac{\Delta\tau_0 \Delta N_{\sqrt{y}}}{\tau \Delta N_в} \cdot \sqrt{y_в}. \qquad (Е.6)$$

ДОДАТОК Ж
(рекомендований)

ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ СЕРЕДОВИЩА ЗА НЕСТАЦІОНАРНОГО ПОТОКУ

Ж.1 Призначення, сфера застосування

Ж.1.1 Цей додаток встановлює основні правила, засоби і порядок проведення робіт, необхідних для:

- визначення режиму протікання середовища;
- визначення складника невизначеності вимірювання кількості середовища, зумовленого нестаціонарністю потоку;
- врахування складника невизначеності вимірювання кількості середовища, зумовленого нестаціонарністю потоку.

Ж.1.2 Цей додаток рекомендовано застосовувати у випадку, коли допустима відносна розширена невизначеність вимірювання витрати та кількості середовища є меншою, ніж 1,5 %.

Ж.2 Познаки й скорочення

Ж.2.1 Познаки

Додаткові умовні познаки, які застосовано в цьому додатку, наведено в таблиці Ж. 1.

Таблиця Ж. 1 – Умовні познаки величин

Познака	Назва величини	Одиниця величини
$\Delta\tau_o$	Інтервал або тривалість циклу часу вимірювання	с
$\Delta\tau$	Час відліку	с
$y(\tau)$	Функція змінювання параметра y в часі	*
$y(\tau)_i$	Миттєве значення параметра y	*
$\bar{y}$	Середнє значення параметра y	*
Δy	Відхил $y(\tau)_i$ від $\bar{y}$	*
$\tilde{\Delta}y$	Відносний відхил значення параметра y від $\bar{y}$	1
$A(y)$	Амплітуда пульсацій значення параметра y	*
$\tilde{A}(y)$	Відносна амплітуда пульсацій значення параметра y	1
$S(y)$	Середній квадратичний відхил результату вимірювань значення параметра y	*
Δp_S	Середньоквадратична (середньозважена) амплітуда спектра пульсацій перепаду тиску	*
$\tilde{\Delta}p_S$	Відносна середньоквадратична амплітуда спектра пульсацій перепаду тиску	1
f	Частота пульсацій	Гц
$U_д$	Складник невизначеності вимірювання кількості середовища, зумовлений нестаціонарністю потоку середовища	%
$K_д$	Поправковий коефіцієнт, що враховує вплив нестаціонарності потоку на результат визначення кількості середовища	1

*– одиниця величини залежить від параметра
Примітка. Решту познак наведено в тексті.

Ж.2.2 Індекси позначень параметрів

Додаткові індекси, які відповідають познакам параметрів, належать до величин, які характеризують ці параметри.

Наведені нижче індекси стосуються познак:

и – виміряне значення;
min – мінімальне значення;
max – максимальне значення.

Ж.2.3 Скорочення

В цьому додатку прийнято такі додаткові скорочення:

АЧС – амплітудно-частотний спектр;
АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;
ВБ – вентильний блок;
ВП – вторинний прилад;
ОП – обчислювальний пристрій витрати та кількості середовища;
ДХ – динамічна характеристика;
ДВР – досліди із визначення режиму протікання;
ДВДН – досліди із визначення невизначеності вимірювання кількості середовища, зумовленої нестаціонарністю потоку;
КВ – канал вимірювання параметра, вимірювальний канал;
МВВ – методика виконання вимірювань;
СРП – спосіб визначення кількості середовища з роздільним вимірюванням параметрів;
САП – спосіб визначення кількості середовища з автоматизованим вимірюванням параметрів.

Ж.3 Терміни та визначення понять

У цьому додатку застосовано такі додаткові терміни з відповідними визначеннями понять.

Ж.3.1 Характеристики нестаціонарного потоку середовища

Ж.3.1.1 миттєве значення параметра (*мгновенное значение параметра*)

Значення параметра, яке відповідає певному моменту часу, моменту події.

Ж.3.1.2 нестаціонарність *(нестационарность)*

Будь-яка зміна миттєвого значення параметра з часом.

Ж.3.1.3 нестаціонарний потік середовища *(нестационарный поток среды)*

Потік середовища, в якому значення його основних параметрів є нестаціонарними.

Ж.3.1.4 режим протікання нестаціонарного потоку *(режим течения)*

Різновид протікання середовища, в якому характер його руху визначає діапазон зміни масштабних і часових параметрів нестаціонарного потоку.

Ж.3.1.5 спосіб визначення кількості середовища з роздільним вимірюванням параметрів *(способ определения количества среды с раздельным измерением параметров)*

Спосіб, за якого кількість середовища визначають за результатами оброблення даних реєстрації параметрів потоку за звітний період часу.

Ж.3.1.6 спосіб визначення кількості середовища з автоматизованим вимірюванням параметрів *(способ определения количества среды с автоматизированным измерением параметров)*

Спосіб, за якого для визначення витрати та кількості середовища застосовують ОП або вимірювальні комплекси.

Ж.3.1.7 основні параметри потоку *(основные параметры потока)*

Масова і об'ємна витрата, а також параметри середовища, які є визначальними під час вимірювання витрати, а саме: перепад тиску на ЗП і густина середовища (тиск і температура середовища).

Ж.3.1.8 динамічні параметри режиму протікання потоку *(динамические параметры режима течения потока)*

Характеристики потоку, які застосовують для аналізів режимів протікання нестаціонарного потоку.

Примітка. До динамічних параметрів режиму протікання потоку належать:

а) середні значення основних параметрів за певний інтервал (цикл) часу;

б) такі часові параметри, як:

- частота пульсацій;
- час перехідного процесу;

в) такі масштабні параметри, як:

- амплітуда (відносна амплітуда) пульсацій;
- середньоквадратична амплітуда пульсацій;
- відносний відхил параметра;

г) такі сукупні динамічні параметри, як:
- вид функції зміни параметра з часом;
- амплітудно-частотний спектр пульсацій.

Ж.3.1.9 вид нестаціонарності потоку *(вид нестационарности потока)*

Характер зміни параметрів потоку з часом.

Примітка. В цьому додатку прийняті такі види нестаціонарності потоку:

а) низькочастотні пульсації потоку – узагальнене визначення виду нестаціонарності, яке зважає на характер зміни параметрів потоку, зумовлений технологічним режимом роботи ВТ за звітний період часу (в основному – різні перехідні процеси, пов'язані з режимом надходження і споживання середовища, зокрема і пульсівні процеси);

б) середньочастотні пульсації потоку – пульсації основних параметрів потоку середовища, зумовлені АЧС(q_m) на вході в ВТ (залежить від типу джерела потоку середовища і АЧХ системи подавання середовища до ВТ) і власними динамічними властивостями ВТ;

в) високочастотні пульсації – узагальнене визначення пульсацій будь-яких параметрів в ВТ і КВ, пов'язаних з акустичними ефектами, турбулентними пульсаціями.

Ж.3.1.10 відносний відхил параметра *(относительное отклонение параметра)*

Характеристика ступеня відхилення параметра від його середнього значення. $\tilde{\Delta}y$ обчислюють за формулою:

$$\tilde{\Delta}y=\pm\frac{\Delta y}{\overline{y}} \quad . \qquad (Ж.3.1)$$

Примітка. Цей масштабний параметр є визначальним для низькочастотних пульсацій $\Delta p(\tau)$ під час знаходження режиму протікання

Ж.3.1.11 амплітуда [відносна амплітуда] пульсацій параметра *(амплітуда [относительная амплітуда] пульсаций параметра)*

Масштабний параметр, який характеризує максимальний відхил параметра або ступінь відхилу відносно його середнього значення упродовж періоду пульсацій.

Примітка. Амплітуду обчислюють за формулами:

$$A(y)=\frac{y_{max}-y_{min}}{2}, \qquad (Ж.3.2)$$

$$\tilde{A}(y)=\frac{A(y)}{\overline{y}}=\frac{y_{max}-y_{min}}{y_{max}+y_{min}}. \qquad (Ж.3.3)$$

Ж.3.1.12 середньоквадратична амплітуда пульсацій перепаду тиску *(среднеквадратическая амплитуда пульсаций перепада давления)*

Середньоквадратичний відхил значень $\Delta p(\tau)$ за проміжок часу вимірювань (середньозважена амплітуда АЧС $\Delta p(\tau)$).

Примітка. Середньоквадратичну амплітуду пульсацій перепаду тиску обчислюють за формулою:

$$\Delta p_S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[\Delta p(\tau)_i-\overline{\Delta p}]^2}{n}}, \qquad (Ж.3.4)$$

де i=1...n – номер точки вимірювання;

n – кількість точок вимірювання за проміжок часу вимірювання.

Ж.3.1.13 відносна середньоквадратична амплітуда пульсацій перепаду тиску *(относительная среднеквадратическая амплитуда пульсаций перепада давления)*

Середньозважена відносна амплітуда частини АЧС $\Delta p(\tau)$, яка належить до середньочастотних пульсацій. Відносну середньоквадратичну амплітуду пульсацій перепаду тиску обчислюють за формулою:

$$\tilde{\Delta}p_S=\frac{\Delta p_S}{\overline{\Delta p}} \quad . \qquad (Ж.3.5)$$

Примітка. Цей масштабний параметр є визначальним для середньочастотних пульсацій $\Delta p(\tau)$ під час знаходження режиму протікання.

Ж.3.1.14 амплітудно-частотний спектр пульсацій параметра *(амплитудно-частотный спектр пульсаций параметра)*

АЧС

Залежність амплітуди або відносної амплітуди пульсацій параметра від частоти його пульсацій.

Примітка. Характерний вид АЧС $\Delta p(\tau)$ наведено на рисунку Ж.1.

АЧС $\Delta p(\tau)$ містить три частини: низько-, середньо- і високочастотну умовно розділені між собою значеннями граничних частот, відповідно $f1$, $f2$. Вважають, що значення $f1$, $f2$ відповідають $\tilde{A}1=0{,}14$.

Низько- і середньочастотні частини належать до дійсної частини спектра. Високочастотна частина спектра може містити уявні області частот (відмічено на одному з графіків пунктирною лінією), які не відповідають за реальну зміну витрати, відповідно і $\Delta p(\tau)$, з часом: останні можуть виникати через резонансні явища в камерах відбирання тиску і з'єднувальних лініях до ППТ.

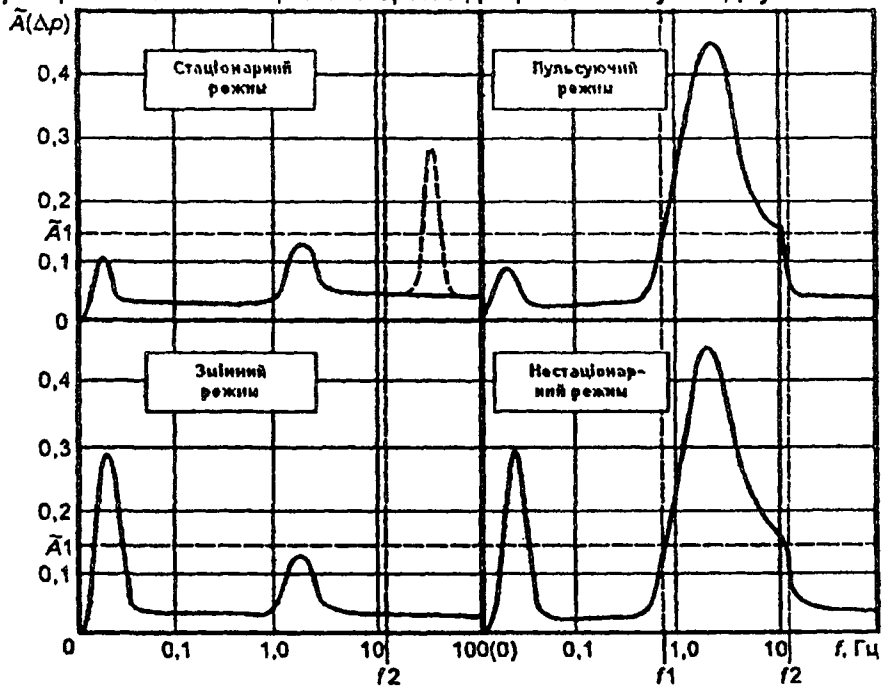


Рисунок Ж.1 – Характерні види АЧС $\Delta p(\tau)$ на діафрагмі під час нестаціонарного потоку природного газу

Ж.3.1.15 амплітудно-частотна характеристика *(амплитудно-частотная характеристика)*

АЧХ

Частотно динамічна характеристика, яка зв'язує між собою амплітуди вхідних і вихідних параметрів системи КВ як функцію f.

Примітка. АЧХ обчислюють за формулами:

$$G_y = K_{Ay}(f)\ , \qquad (Ж.3.6)$$

$$K_{Ay} = \frac{A_{y\,вих}(f)}{A_{y\,вх}(f)}, \qquad (Ж.3.7)$$

де $K_{Ay}(f)$ – амплітудний коефіцієнт КВ параметра;

$A_{y\,вх}(f)$ – амплітуда параметра на вході;

$A_{y\,вих}(f)$ – амплітуда параметра на виході.

Ж.3.1.16 рівномірна смуга пропускання частоти *(равномерная полоса пропускания частоты)*

Смуга частот, в якій значення $K_{Ay}(f)=1{,}0$, тобто система або КВ пропускає (вимірює) пульсації $y(\tau)$ без спотворень.

Ж.3.1.17 коефіцієнт корекції *(коэффициент коррекции)*

Коефіцієнт, який враховує невизначеність $U'_д$ під час вимірювання витрати та кількості середовища і який обчислюється за формулою:

$$K_д = \frac{1}{1+0{,}01 \cdot U'_д} \quad . \qquad (Ж.3.8)$$

Ж.3.2 Вимірювальний канал і його компоненти

Ж.3.2.1 вимірювальний канал *(измерительный канал)*

Сукупність пов'язаних між собою певним чином ЗВ та інших систем, які входять в канал (компонентів вимірювального каналу), що реалізують вимірювання параметра і забезпечують отримання результатів вимірювання параметра.

Ж.3.2.2 компоненти вимірювального каналу *(компоненты измерительного канала)*

Системи або технічні пристрої, які входять до складу вимірювального каналу і які виконують одну з функцій, передбачених процесом вимірювання.

Примітка. Компоненти КВ поділяються на вимірювальні, обчислювальні та з'єднувальні.

Ж.3.2.3 вимірювальний компонент КВ *(измерительный компонент)*

Засіб вимірювання, вимірювальний прилад (наприклад, дифманометр), первинний перетворювач параметра і ВП.

Ж.3.2.4 з'єднувальний компонент КВ *(связующий компонент)*

Технічний пристрій, система і (або) частина середовища, призначені або застосовувані для передавання сигналів від одного компонента КВ до іншого.

Примітка. З'єднувальними компонентами КВ є технічні пристрої (роздільні посудини, запірні, зрівнювальні та продувні вентилі, з'єднувальні лінії, газозбірники, роздільна рідина та ін.), які застосовують у схемах встановлення роздільних посудин (див. додаток В) і схемах приєднання дифманометрів (див. додаток Г).

Ж.3.2.5 обчислювальний компонент КВ *(вычислительный компонент)*

ОП (або його частина) разом з програмним забезпеченням, яке виконує функцію оброблення (обчислення) спостережень (або прямих вимірювань) для отримання результатів прямих (або непрямих, сумісних) вимірювань параметра, які виражаються через числове значення або відповідний йому код.

Ж.4 Метод визначення кількості середовища

Ж.4.1 Основні положення

Ж.4.1.1 Метод визначення кількості середовища базується на таких допущеннях:

а) значення $\tilde{\Delta}p_S(\tau)$ не перевищує 0,5;

б) значення відносної середньоквадратичної амплітуди пульсацій густини (тиску) $\tilde{\rho}_S(\tau)$ або $\tilde{p}_S(\tau)$ не перевищує 0,025. У цьому додатку прийнято, що це припущення виконується для малостискуваного середовища (рідина) і стискуваного середовища (газ) з його абсолютним тиском у ВТ ≥1,0 МПа;

в) потоки в конкретних ВТ є детермінованими відносно АЧС $\Delta p(\tau)$, відносної амплітуди пульсацій перепаду тиску і, отже, для $\tilde{\Delta}p_S$ і основних складників $U'_д$;

г) невизначеність вимірювання кількості середовища $U'_д$ в основному зумовлена наявністю середньочастотних пульсацій потоку;

д) під час визначення $U'_д$ виконується умова квазістаціонарності рівняння миттєвого значення витрати середовища. Це допущення передбачає, що значення коефіцієнтів витікання і розширення дорівнюють своїм значенням під час стаціонарного (сталого) режиму протікання.

Примітка. В інших випадках для визначення кількості середовища під час його нестаціонарного протікання в ВТ потрібна відповідна МВВ.

Ж.4.1.2 Метод визначення кількості середовища під час нестаціонарних потоків полягає у:

- визначенні режиму протікання середовища в ВТ на основі отриманих під час випробувань даних про АЧС (Δp), $\tilde{\Delta}p_S$ і $\tilde{\Delta}_{\Delta p}$;

- визначенні $U'_{д}$ для ВТ;

- коректуванні, за потреби, виміряної кількості середовища.

Ж.4.2 Невизначеність $U'_{д}$ і її складники

Ж.4.2.1 Загальні положення

Джерелами виникнення невизначеності $U'_{д}$ є:

- нелінійність залежності $q(\tau)$ від $\Delta p(\tau)$ (невизначеність $U'_{Ду}$);

- відсутність інерційного члена в підкореневому виразі квазістаціонарного рівняння витрати (невизначеність – $U'_{Дин}$);

- дискретність опитування ЗВ основних параметрів потоку у разі застосування ОП і особливості оброблення запису нестаціонарного параметра (невизначеність – $U'_{Ди}$);

- динамічні властивості КВ $\Delta p(\tau)$ (невизначеність – $U'_{Да}$)

Ж.4.2.2 Невизначеність $U'_{Ду}$

Ж.4.2.2.1 Невизначеність $U'_{Ду}$ у разі застосування СРП в загальному випадку обчислюють за формулою:

$$U'_{Ду} = -\frac{50}{\bar{q}} \sum_{j=1}^{c} \left(\frac{\partial^2 q}{\partial y_j^{\,2}} S_{y_j}^2 \right), \qquad (Ж.4.1)$$

де j=1...c – номер основного параметра;
c – кількість основних параметрів.

З врахуванням прийнятих допущень і функціональної залежності q від Δp $U'_{Ду}$ обчислюють за формулою:

$$U'_{Ду} = 12{,}5\tilde{\Delta}p_S^2 \,. \qquad (Ж.4.2)$$

Невизначеність $U'_{Ду}$ для ВТ треба визначати після проведення ДВР.

Ж.4.2.2.2 Невизначеність $U'_{Ду}$ у разі застосування САП обчислюють за формулою:

$$U'_{Ду} = \frac{\overline{\sqrt{\Delta p}} - \overline{\sqrt{\Delta p_и}}}{\overline{\sqrt{\Delta p}}} 100, \qquad (Ж.4.3)$$

де $\overline{\sqrt{\Delta p}}$, $\overline{\sqrt{\Delta p_и}}$ – усереднені значення масиву коренів квадратних, обчислених за показами ВП малоінерційного ППТ і ОП за проміжок часу вимірювання (див. Ж.7.2).

Невизначеність $U'_{Ду}$ для кожного ВТ треба визначати під час проведення ДВДН.

Ж.4.2.3 Невизначеність $U'_{Дин}$

Невизначеність $U'_{Дин}$ обчислюють за формулами:

$$U'_{Дин} = 100\left[\frac{1}{2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{1+H^2J^2}}\right)^{-0,5} - 1\right]; \qquad (Ж.4.4)$$

$$H^2 = \frac{\sum_{r=1}^{r_{гр}} r^2 \square_{A_{\Delta pr}}^2}{\sum_{r=1}^{r_{гр}} \square_{A_{\Delta pr}}^2}; \qquad (Ж.4.5)$$

$$J=\frac{2\pi C}{\left(1-C^2\beta^4\right)}\frac{l_e}{d}\,\mathrm{St}; \qquad (Ж.4.6)$$

$$\mathrm{St}=\frac{f_o d}{\bar{w}}; \qquad (Ж.4.7)$$

$$\bar{w}=\frac{4q}{\pi d^2}, \qquad (Ж.4.8)$$

де H – коефіцієнт гармонічних спотворень;
r – порядок гармоніки в інтегралі Фур'є;
f_o – частота основного складника середньочастотних пульсацій $\Delta p(\tau)$;
J – коефіцієнт інерції;
C – коефіцієнт витікання (C=1 для сопел і труб Вентурі, C≈0,6 для діафрагм);
l_e – ефективна довжина ($l_e \approx d$);
$\bar{w}$ – середня швидкість в отворі ЗП;
St – число Струхаля.

Невизначеність $U'_{\text{Дин}}$ треба обчислювати під час проведення ДВДН.

Ж.4.2.4 Невизначеність $U'_{\text{Дн}}$

Невизначеність $U'_{\text{Дн}}$ обчислюють за формулою (10.38).

Ж.4.2.5 Невизначеність $U'_{\text{Да}}$

Ж.4.2.5.1 Невизначеність $U'_{\text{Да}}$ у разі застосування СРП обчислюють за формулами:

$$U'_{\text{Да}}=100\left(1-\sqrt{\overline{K_a(\tau)}}\right); \qquad (Ж.4.9)$$

$$\overline{K_a(\tau)}=\overline{\left(\frac{\Delta p_и(\tau)}{\Delta p(\tau)}\right)}, \qquad (Ж.4.10)$$

де $K_a(\tau)$ – функція нелінійного передавання $\Delta p(\tau)$ у КВ (Δp).

Примітка. Вважають, що ЗВ має лінійну ДХ.

Визначення $U'_{\text{Да}}$ виконують під час проведення ДВДН.

Ж.4.2.5.2 У разі застосування САП $U'_{\text{Ду}}$ містить невизначеність $U'_{\text{Да}}$, тому необхідності в окремому П визначенні немає.

Ж.4.3 Визначення кількості середовища

Ж.4.3.1 Під час стаціонарного режиму протікання (див. Ж.5.3) невизначеність $U'_{\text{д}}$ приймають такою, яка дорівнює нулю. Визначення витрати та кількості середовища в цьому випадку виконують відповідно до розділу 8.

Ж.4.3.2 Під час пульсуючого режиму протікання (див. Ж.5.4) кількість (об'єм і масу) середовища обчислюють за формулами:

$$V=V_и\cdot K_д; \qquad (Ж.4.11)$$

$$m=m_и\cdot K_д; \qquad (Ж.4.12)$$

$$K_д=\frac{1}{1+0{,}01\cdot U'_д}, \qquad (Ж.4.13)$$

де $V_и$, $m_и$ – відповідно, об'єм і маса середовища, обчислені відповідно до вимог у розділі 8.

Ж.4.3.3 У разі змінного режиму протікання (див. Ж.5.5) невизначеність $U'_{д}$ вважають такою, що дорівнює нулю, якщо виконувати одну з таких умов:

а) оброблення результатів реєстрації $\Delta p_{и}(\tau)$ виконують кореневим пристроєм зчитування (планіметром);

б) безпосереднє вимірювання $\left(\sqrt{\Delta p_{и}(\tau)}\right)_i$ або обчислення кореня із значення $\left(\overline{\sqrt{\Delta p_{и}}(\tau)}\right)_i$, визначеного за короткий проміжний цикл (інтервал) вимірювання ($\Delta\tau_0 \le 2{,}0$с).

Визначають кількість середовища в цьому разі відповідно до розділу 8.

Якщо умова не дотримується, то оцінюють складник $U'_{Ди}$ невизначеності визначення кількості середовища за формулою (10.38).

Ж.4.3.4 У разі нестаціонарного режиму протікання (див. Ж.5.6) визначення кількості середовища виконують відповідно до Ж.4.3.2, враховуючи положення Ж.4.3.3.

Ж.4.3.5 У разі застосування СРП, з метою полегшення оброблення запису (реєстрації) $\Delta p_{и}(\tau)$ (Ж.4.3.3 а) допускається встановлювати в з'єднувальні лінії перед ППТ ідентичні гасники пульсацій тиску (демпфери) з унормованою лінійною АЧХ.

Вибирати параметри АЧХ демпферів треба на підставі визначення АЧХ КВ $\Delta p_{и}(\tau)$ (Ж.9) і АЧС $\Delta p(\tau)$ на ЗП (Ж.6.2).

Ж.5 Класифікація режимів протікання потоку

Ж.5.1 Залежно від діапазону зміни масштабних і часових параметрів нестаціонарного потоку прийнято таку умовну класифікацію режимів протікання середовища (див. рисунок Ж.1, Ж.2):

- стаціонарний;
- пульсуючий;
- змінний;
- нестаціонарний.

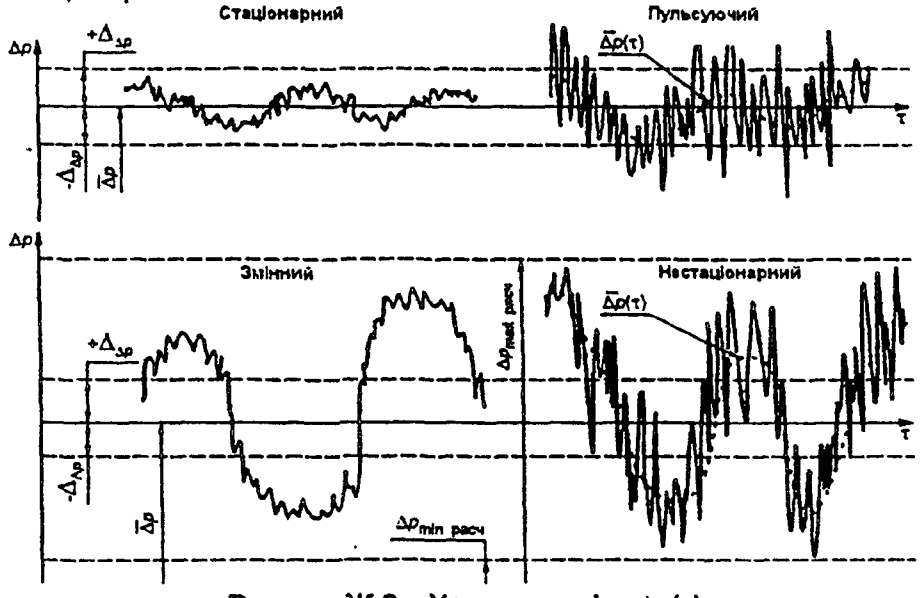


Рисунок Ж.2 – Характер зміни $\Delta p(\tau)$

Ж.5.2 У разі класифікації режимів часові параметри нестаціонарного потоку прийнято умовно поділяти на такі види:

- низькочастотні пульсації – від 10^{-4} до 0,5 Гц;
- середньочастотні пульсації – від 0,5 до 30 Гц;
- високочастотні пульсації – більше 30 Гц.

Ж.5.3 Стаціонарний режим протікання

Стаціонарний режим протікання характеризується наявністю сукупності низько- і середньочастотних пульсацій з нехтовно малими основними масштабними параметрами потоку, а отже, і витрати.

Умовою реалізації стаціонарного режиму протікання є виконання таких вимог:

а) значення відносного відхилу низькочастотних пульсацій перепаду тиску

$$\tilde{\Delta}_{\Delta p} \le 0{,}14; \qquad (Ж.5.1)$$

б) значення відносної середньоквадратичної амплітуди середньочастотних пульсацій перепаду тиску

$$\tilde{\Delta} p_S \le 0{,}1; \qquad (Ж.5.2)$$

в) миттєве значення $\Delta p(\tau)$ повинно бути в робочому діапазоні ППТ.

За дотримання даних умов невизначеність $U'_д$ вважають такою, що дорівнює нулю.

Ж.5.4 Пульсуючий режим протікання

Пульсуючий режим протікання характеризується наявністю чітко виражених середньочастотних пульсацій хоча б одного з основних параметрів потоку, відповідно і витрати, і можливою наявністю низькочастотних пульсацій параметрів потоку з нехтовно малими масштабними параметрами.

Умовою реалізації пульсуючого режиму протікання є виконання таких вимог:

а) відносний відхил миттєвого значення низькочастотних пульсацій перепаду тиску

$$\tilde{\Delta}_{\Delta p} \le 0{,}14; \qquad (Ж.5.3)$$

б) низькочастотний складник зміни перепаду тиску $\overline{\Delta p(\tau)}$ повинен бути в робочому діапазоні ППТ;

в) відносна середньоквадратична амплітуда середньочастотних пульсацій

$$\tilde{\Delta} p_S > 0{,}1; \qquad (Ж.5.4)$$

г) відносна середньоквадратична амплітуда середньочастотних пульсацій

$$\tilde{\Delta} p_S \le 0{,}5. \qquad (Ж.5.5)$$

Ж.5.5 Змінний режим протікання

Змінний режим протікання характеризується наявністю чітко виражених низькочастотних пульсацій (перехідних процесів) хоча б одного з основних параметрів потоку, відповідно і витрати, відсутністю або наявністю середньочастотних пульсацій параметрів потоку з нехтовно малими масштабними параметрами.

Умовою реалізації змінного режиму протікання є виконання таких вимог:

а) відносний відхил миттєвого значення низькочастотних пульсацій перепаду тиску за звітний період

$$\tilde{\Delta}_{\Delta p} > 0{,}14; \qquad (Ж.5.6)$$

б) відносна середньоквадратична амплітуда середньочастотних пульсацій

$$\tilde{\Delta} p_S \le 0{,}1; \qquad (Ж.5.7)$$

в) миттєве значення $\Delta p(\tau)$ повинно міститися в робочому діапазоні ППТ.

Ж.5.6 Нестаціонарний режим протікання

Нестаціонарний режим протікання характеризується сукупністю чітко виражених низько- і середньочастотних пульсацій хоча б одного з основних параметрів потоку, а отже, і витрати, які мають значні масштабні параметри.

Нестаціонарний режим є комбінацією пульсуючого і змінного режимів протікання.

Умовою реалізації нестаціонарного режиму протікання є виконання таких вимог:

а) відносний відхил миттєвого значення низькочастотних пульсацій перепаду тиску за звітний період

$$\tilde{\Delta}_{\Delta p} > 0{,}14; \qquad (Ж.5.8)$$

б) низькочастотний складник зміни перепаду тиску $\overline{\Delta p(\tau)}$ повинен знаходитися в робочому діапазоні ЗВ Δp;

в) відносна середньоквадратична амплітуда середньочастотних пульсацій

$$\tilde{\Delta}p_S > 0{,}1; \qquad (Ж.5.9)$$

г) відносна середньоквадратична амплітуда середньочастотних пульсацій

$$\tilde{\Delta}p_S \le 0{,}5. \qquad (Ж.5.10)$$

У разі невиконання умов (Ж.5.5, Ж.5.10) для визначення витрати і кількості середовища потрібна відповідна МВВ.

Ж.5.7 Вимоги до динамічних характеристик ППТ

Ж.5.7.1 АЧХ ППТ під час змінного режиму протікання повинна відповідати АЧХ фільтра низьких частот з рівномірною смугою пропускання до частоти $f \ge f1$.

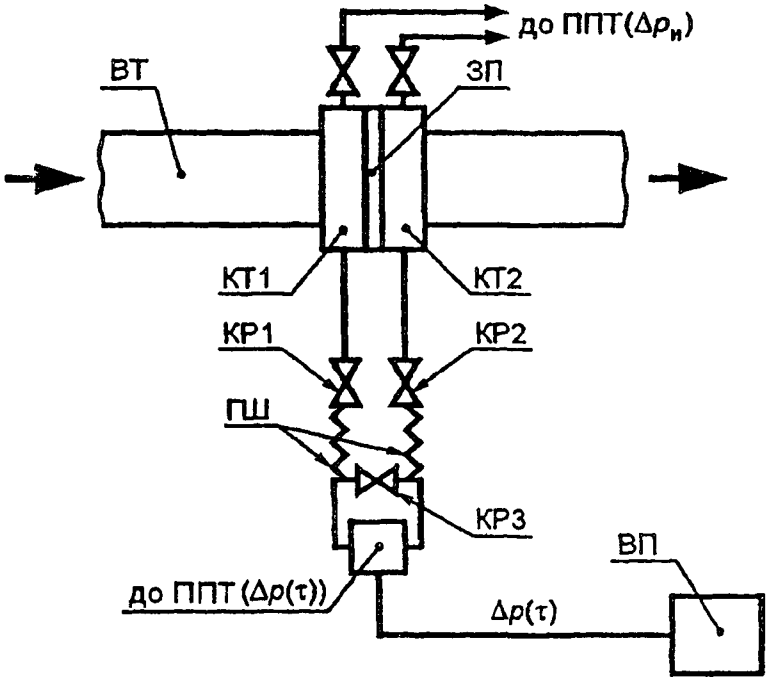
Ж.5.7.2 АЧХ ППТ при пульсуючому і нестаціонарному режимах протікання повинна відповідати АЧХ фільтра низьких частот з рівномірною смугою пропускання до частоти $f = f1$.

Ж.6 Визначення режиму протікання

Ж.6.1 Загальні положення

Ж.6.1.1 Тип режиму протікання в ВТ (див. 5.3–5.6) встановлюють під час проведення випробування за результатами дослідного визначення $\tilde{\Delta}p_S$, $\tilde{\Delta}_{\Delta p}$ і аналізу АЧС $\Delta p(\tau)$.

Ж.6.1.2 Загальну схему вимірювання під час визначення режиму протікання наведено на рисунку Ж.3.



КТ1, 2 – камери відбирання тиску; КР1,2 – розділювальні крани;
КР3 – зрівнювальний кран; ПШ – броньовані шланги;

ППТ($\Delta p(\tau)$) – ЗВ перепаду тиску, який застосовується для дослідження;

ППТ($\Delta p_и$) – ЗВ перепаду тиску, який входить у склад технічних засобів, застосовуваних для визначення витрати та кількості середовища

Рисунок Ж.3 – Загальна схема вимірювання під час проведення ДВР

Визначення $\tilde{\Delta}p_S$ треба виконувати за двох значень робочого діапазону витрати (q_{max} і q_{min}) (k=1,2 – номер режиму, витратної точки). На кожному режимі кількість вимірювань повинно бути не менше ніж 7 (j=1...7 – номер точки вимірювання).

Ж.6.1.3 Випробування треба проводити, застосовуючи ЗВ, що мають в своєму складі ППТ і ВП (аналізатор), які забезпечують виконання таких основних функцій:

- реєстрацію (записування) не менше ніж $15 \cdot 10^3$ миттєвих значень $\Delta p(\tau)_i$ в одній точці вимірювання з частотою опитування не менше ніж 1,0 кГц (i=1...$15 \cdot 10^3$ – номер точки масиву $\Delta p(\tau)_i$);
- визначення АЧС (Λp);
- візуальне відображення часової розгортки процесу пульсацій $\Delta p(\tau)$ і АЧС (Δp);
- здійснення, у разі потреби (за наявності уявних частин спектра), фільтрації сигналу ППТ за допомогою регульованого фільтра низьких частот (за результатами знаходження $f2$);
- обчислення відповідних миттєвих значень $\sqrt{\Delta p(\tau)_i}$;
- визначення Δp_S, $\overline{\Delta p}$, $\tilde{\Delta} p_S$ для кожного вимірювання;
- архівування і роздрукування результатів випробувань.

Гофровані шланги (див. рисунок Ж.3) треба приєднувати до незалежних роздільних кранів камер відбирання тиску або кранів відбирання тиску за інших способів відбирання тиску.

АЧХ ППТ повинна мати рівномірну смугу пропускання не менше ніж 200Гц. АЧХ КВ ППТ повинна мати рівномірну смугу пропускання не менше ніж $2 \cdot f2$Гц.

Під час визначення АЧС(Δp) допускається застосовувати незалежний аналізатор спектра.

Ж.6.2 Визначення АЧС(Δp)

Ж.6.2.1 Визначення АЧС(Δp) необхідно для:

- оцінювання значення $\tilde{A}(\Delta p)_{max}$ середньочастотної частини спектра;
- визначення $f1$ і $f2$ за $\tilde{A}1$, необхідних для настроювання фільтрів;
- реального уявлення про характер пульсацій $\Delta p(\tau)$ на ЗП;
- аналізу, у разі потреби, процесів пульсацій потоку в ВТ.

Ж.6.2.2 Для кожної k-ї витратної точки (k=1,2) і номера гармоніки r $\tilde{A}(\Delta p)_{rk}$ визначають як середнє арифметичне значення результатів визначення $\tilde{A}(\Delta p)_{rkj}$ (j=1...3).

Ж.6.2.3 $\tilde{A}(\Delta p)_r$ для ВТ обчислюють за формулою:

$$\tilde{A}(\Delta p)_r = \frac{\tilde{A}(\Delta p)_{r1} + \tilde{A}(\Delta p)_{r2}}{2} . \qquad (Ж.6.1)$$

Ж.6.2.4 При оформленні результатів випробувань за визначенням АЧС (Δp) для кожного ВТ АЧС повинен бути поданий в графічній формі із зазначенням $f1$, $f2$ і значення частоти f_0, яка відповідає максимальній амплітуді $\tilde{A}(\Delta p)_{max}$ середньочастотної частини спектра, а також у вигляді таблиці Ж.2, де 1, 2...n – кількість гармонік.

Таблиця Ж.2 – Коефіцієнти АЧС

f_r(Гц)	f_1	f_2	....	f_n
$A(\Delta p)_r$ (кПа)				
$\tilde{A}(\Delta p)_r$				

Ж.6.3 Визначення $\tilde{\Delta} p_S$

Ж.6.3.1 $\tilde{\Delta} p_{Sj}$ у кожній j-й точці вимірювання визначають обробленням масиву дійсних виміряних значень $\Delta p(\tau)_i$ за формулами (Ж.3.4, Ж.3.5).

Виділення дійсних значень $\Delta p(\tau)$ треба здійснювати у ВП (див. Ж.6.1).

Ж.6.3.2 $\tilde{\Delta} p_{Sk}$ в кожній k-й витратній точці знаходять як середнє арифметичне значення результатів визначення $\tilde{\Delta} p_{Skq}$.

Ж.6.3.3 Остаточні $\tilde{\Delta} p_S$ обчислюють за формулою:

$$\tilde{\Delta}p_S = \frac{\tilde{\Delta}p_{S1} + \tilde{\Delta}p_{S2}}{2}. \qquad (Ж.6.2)$$

Ж.6.4 Визначення $\tilde{\Delta}_{\Delta p max}$

Ж.6.4.1 Визначення $\tilde{\Delta}_{\Delta p max}$ здійснюють на підставі архівних даних ОП (САП) або архіву добових діаграм запису $\Delta p(\tau)$ (СРП) за формулою (Ж.3.1).

Ж.6.4.2 Конкретні архівні дані (добові діаграми, звіти в кількості не менше 7) повинна вибирати особа, яка проводить випробування, враховуючи характерні режими зміни витрати (перепаду тиску) за попередній місяць до початку випробувань.

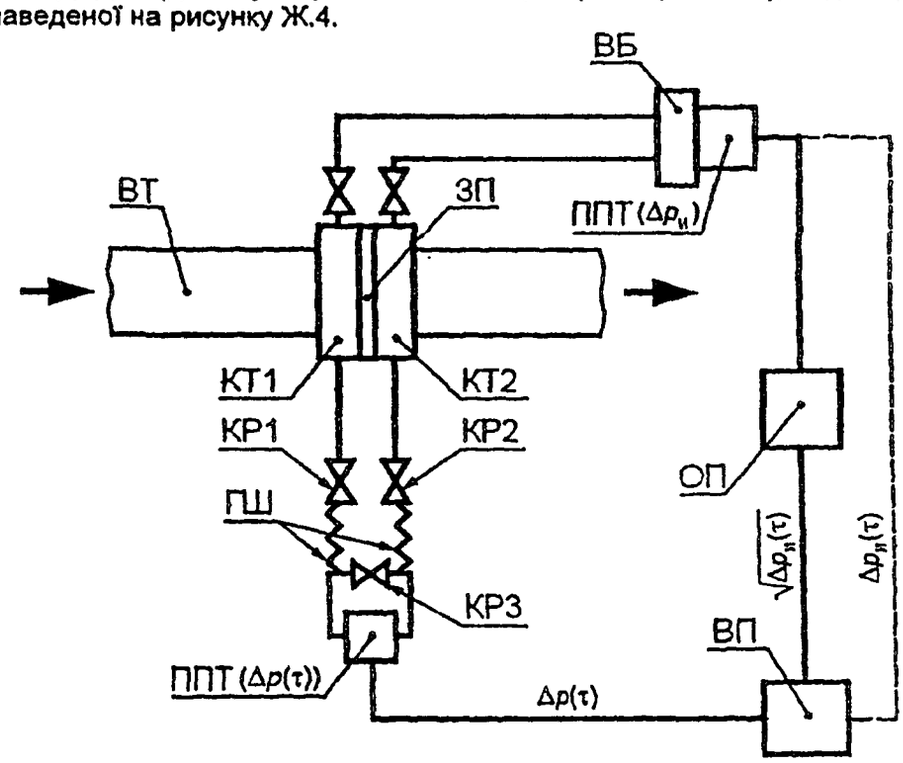
Ж.7 Визначення $U'_д$

Ж.7.1 Визначення $U'_д$ у разі застосування СРП

У разі застосування СРП вважають $U'_д = U'_{дУ}$. Визначення $U'_{дУ}$ проводять після закінчення ДВР тільки для пульсуючого і нестаціонарного режимів протікання за формулою (Ж.4.2).

Ж.7.2 Визначення $U'_д$ у разі застосування САП.

Ж.7.2.1 У разі застосування САП визначення $U'_д$, яка містить $U'_{дв}$ і $U'_{дУ}$, проводять під час проведення ДВДН (для пульсуючих і нестаціонарних режимів), відповідно до схеми вимірювань, наведеної на рисунку Ж.4.



КТ1, 2 – камери відбирання тиску; КР1,2 – розділювальні крани; КР3 – зрівнювальний кран; ПШ – броньовані шланги; ППТ($\Delta p(\tau)$) – ЗВ перепаду тиску, який застосовується для дослідження; ППТ($\Delta p_и$) – ЗВ перепаду тиску, який входить у склад технічних засобів, застосовуваних для визначення витрати та кількості середовища

Рисунок Ж.4 – Загальна схема вимірювання у разі проведення ДВДН

Ж.7.2.2 Визначення $U'_{д}$ проводять в тих самих витратних точках, що і під час проведення ДВР (див. Ж.6.1.2).

У кожній *j*-й точці вимірювання $U'_{дj}$ обчислюють за формулою:

$$U'_{дj}=100\cdot\left[\frac{\overline{\sqrt{\Delta p(\tau)}}-\overline{\sqrt{\Delta p_{и}(\tau)}}}{\overline{\sqrt{\Delta p(\tau)}}}\right], \qquad (Ж.7.1)$$

де $\overline{\sqrt{\Delta p_{и}(\tau)}}$ – середнє значення кореня квадратного, обчислене в ОП;

$\overline{\sqrt{\Delta p(\tau)}}$ – середнє значення кореня квадратного, обчислене в ВП.

Кількість точок $\sqrt{\Delta p_{и}(\tau)}$ і $\sqrt{\Delta p(\tau)}$ під час визначення їх середніх значень може бути різною.

Ж.7.2.3 У кожній *k*-й витратній точці $U'_{дk}$ визначають як середнє арифметичне значення результатів спостережень $U'_{дkj}$.

Ж.7.2.4 Після закінчення вимірювання обчислюють середній квадратичний відхил результатів вимірювання за формулою:

$$S_{o}=\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{2}\sum_{j=1}^{7}\left[\tilde{\Delta}(U'_{д})_{kj}\right]^{2}}{13}}\cdot 100\%, \qquad (Ж.7.2)$$

де

$$\tilde{\Delta}(U'_{д})_{kj}=\frac{U'_{дkj}-\overline{U'_{д}}}{\overline{U'_{д}}}. \qquad (Ж.7.3)$$

У разі виконання умови $S_o \le 5{,}0$ % значенням $U'_{д}$ вважають $\overline{U'_{д}}$.

Ж.7.2.5 Якщо $S_o > 5{,}0$ %, то необхідно провести аналіз результатів вимірювання $U'_{дkj}$ так:

а) обчислити середній квадратичний відхил за формулою:

$$S_{ok}=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{7}\left[\tilde{\Delta}(U'_{д})_{kj}\right]^{2}}{6}}\cdot 100\%; \qquad (Ж.7.4)$$

б) для значень ($U'_{дkmax}$ або $U'_{дkmin}$), які найбільше виділяються, обчислити допоміжний параметр H_k за формулами:

$$H_k=\frac{U'_{дkmax}-\overline{U'_{дk}}}{S_{0k}}; \qquad (Ж.7.5)$$

$$H_k=\frac{\overline{U'_{дk}}-U'_{дkmin}}{S_{0k}}, \qquad (Ж.7.6)$$

які порівнюють з критерієм *h* з таблиці Ж.3 залежно від кількості вимірювань *n* на одній витратній точці.

Таблиця Ж.3 – Залежність критерію *h* від кількості вимірювань *n*

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
h	1,67	1,82	1,94	2,031	2,11	2,18	2,23	2,29	2,33	2,37	2,41

Якщо $H_k \ge h$, то цей результат повинен бути виключено з масиву результатів вимірювання.

У разі виключення якогось результату, знову обробляють результати вимірювання.

Якщо серед отриманих результатів виявиться більше двох, які слід виключити, то замість виключених проводять додаткові вимірювання і знову обробляють результати вимірювання.

Після закінчення вимірювань обчислюють відносний відхил результатів вимірювання $U'_{д}$ у двох витратних точках за формулою:

$$\tilde{\Delta}(U'_{д}) = \frac{U'_{д1} - U'_{д2}}{U'_{д1} + U'_{д2}} \cdot 100\%. \qquad (Ж.7.7)$$

У разі виконанні умови $\tilde{\Delta}(U'_{д}) \le 10$ % значенням $U'_{д}$ вважають середнє значення результатів вимірювання, обчислене за формулою:

$$U'_{д} = \frac{U'_{д1} + U'_{д2}}{2}. \qquad (Ж.7.8)$$

Якщо $\tilde{\Delta}(U'_{д}) \ge 10$ %, то в свідоцтві про випробування робиться відповідний запис (див. також примітку до Ж.4.1.1).

Ж.8 Оцінювання $U'_{Дин}$ і $U'_{Да}$

Рішення про необхідність оцінювання значень $U'_{Дин}$ і $U'_{Да}$ спільно приймають організації постачальника і споживача середовища.

У разі застосування СРП проводять оцінювання $U'_{Дин}$ (див. Ж.4.2.3 і Ж.8.1) і $U'_{Да}$ (див. Ж.4.2.5.2 і Ж.8.2).

У разі застосування САП проводять оцінювання $U'_{Дин}$ (див. Ж.4.2.3 і Ж.8.1).

Ж.8.1 Оцінювання $U'_{Дин}$

Оцінювання $U'_{Дин}$ проводять тільки для пульсуючого і нестаціонарного режимів протікання, відповідно до Ж.4.2.3, застосовуючи АЧС (Δp), отриманий під час проведення ДВР. У разі вимірювання кількості середовища за допомогою декількох ВТ оцінювання $U'_{Дин}$ допускається проводити тільки для одного ВТ.

Ж.8.2 Оцінювання $U'_{Да}$ у разі застосування СРП

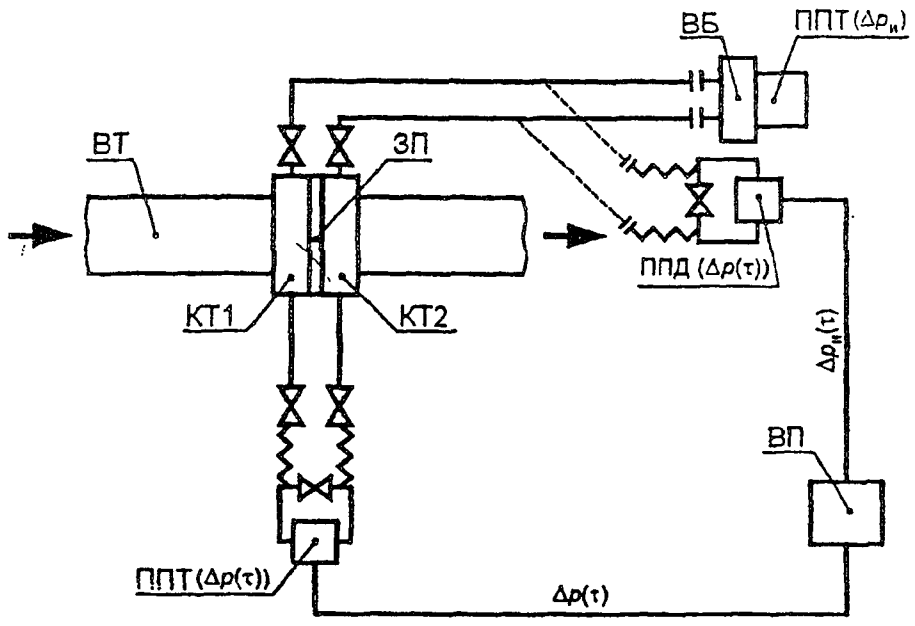
Ж.8.2.1 Оцінювання $U'_{Да}$ проводять тільки для пульсуючого і нестаціонарного режимів протікання (на робочому режимі витрати, k=1, j=1...7). Під час вимірювання кількості за допомогою декількох ВТ з ідентичним складом КВ $\Delta p_в(\tau)$, визначають для ВТ, який має максимальне значення $\tilde{\Delta} p_S$.

Ж.8.2.2 Вимірювання проводять відповідно до схеми, наведеної на рисунку Ж.5.

В цьому випадку на час випробувань замість ППТ ($\Delta p_н$) (див. рисунок Ж.5) встановлюють ППТ ($\Delta p(\tau)$).

Ж.8.2.3 Для кожної j-ї точки вимірювання знаходять середньоарифметичні значення результатів i-х вимірювань $\overline{\sqrt{\Delta p_j}}$, $\overline{\Delta p_j}$, $\sqrt{\overline{\Delta p_j}}$, $\overline{\Delta p_{нj}}$, $\overline{K_{вj}}$, $U'_{Дaj}$.

Ж.8.2.4 Значенням $U'_{Да}$ вважають середнє арифметичне – $\overline{U'}_{Дaj}$.



КТ1, 2 – камери відбирання тиску; ППТ($\Delta p(\tau)$) – ЗВ перепаду тиску, який застосовується для дослідження; ППТ($\Delta p_и$) – ЗВ перепаду тиску, який входить у склад технічних засобів, застосовуваних для визначення витрати та кількості середовища

Рисунок Ж.5 – Загальна схема вимірювань під час визначення АЧХ $\Delta p_и(\tau)$

Ж.9 Визначення АЧХ каналу вимірювання $\Delta p_и(\tau)$

Ж.9.1 Визначення АЧХ КВ $\Delta p_и(\tau)$ проводять на стадії проведення ДВР або ДВДН у разі ухвалення рішення про застосування демпферів за Ж.4.3.5 (на робочому режимі витрати, k=1, j=1...3). Під час вимірювання кількості за допомогою декількох ВТ з ідентичним складом КВ $\Delta p_и(\tau)$, АЧХ визначають для ВТ, який має максимальне значення $\tilde{\Delta}p_S$.

Ж.9.2 Випробування проводять відповідно до схеми вимірювання, наведеної на рисунку Ж.5

Ж.9.3 АЧС $\Delta p(\tau)$ і АЧС $\Delta p_и(\tau)$ визначають відповідно до Ж.6.2.

Ж.9.4 K_{Ar} для кожної частоти r-ї гармоніки визначають за формулою (Ж.3.7).

Ж.9.5 Якщо значення частоти f_r і f_{ri} не співпадають, то виконують апроксимацію АЧС $\Delta p_и(\tau)$ функцією відповідного виду, а потім визначають K_{Ar} для одних і тих самих значень f_r.

Ж.9.6 Під час оформлення результатів випробування АЧХ КВ $\Delta p_и(\tau)$ подають у вигляді таблиці Ж.4.

Таблиця Ж.4 – Коефіцієнти АЧХ

f_r(Гц)	f_{r1}	f_{r2}	....	f2
K_{Ar}				

Ж.10 Оформлення результатів випробувань

Ж.10.1 За результатами ДВР організація, яка проводила випробування, видає свідоцтво, в якому згідно з класифікацією цього стандарту зазначає режим протікання в кожному ВТ.

Ж.10.2 За результатами ДВДН організація, яка проводила випробування, видає свідоцтво із зазначенням $U^{0}_{Д}$ для кожного ВТ.

Ж.10.3 У разі недотримання умови $\left(\tilde{\Delta}p_S\right) > 0,5$ складається акт про невідповідність умов протікання в ВТ вимогам цього додатка.

Ж.10.4 Свідоцтво повинно бути затверджено організацією, яка проводить випробування, і підписано представниками організації, яка проводить випробування, і організації-власника.

БІБЛІОГРАФІЯ

[1] ISO 2186:1973 — Fluid flow in closed conduits – Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements
(Протікання рідини в закритих трубопроводах. З'єднання для передачі сигналу тиску між первинним і вторинним елементами)

[2] EN 1434-2 — Heat meters. Constructional requirements
(Тепломіри. Частина 2. Вимоги до конструкції)

[3] ГСССД 188 – 99 — Вода. Удельный объем и энтальпия при температурах 0-1000 °С и давлениях 0,001-1000 МПа

[4] International Standard ISO 10715:1997 — Natural gas – Sampling guidelines)
(Природний газ – Керівні вказівки щодо відбору проб)

[5] Пистун Е. П. О погрешностях определения среднесуточного значения расхода газа, измеряемого методом переменного перепада давления // Контрольно-измерительная техника. – Львов, 1985. – Вып. 37. – С. 11–14.

[6] ГСССД 6 – 89 — Вода. Коэффициент динамической вязкости при температурах 0-800 °С и давлениях 0,001-1000 МПа
(Вода. Коефіцієнт динамічної в'язкості за температур 0-800 °С і тисках 0,001-1000 МПа)

[7] Лачков В.И., Лисенков А.И, Мамонов Ю.В. Формулы для определения теплофизических свойств перегретого пара // Измерительная техника. – 1999. – № 1. – С. 40 – 41

ДОДАТОК НБ
(довідковий)

ПЕРЕЛІК СТАНДАРТІВ, ЗГАРМОНІЗОВАНИХ ІЗ МІЖДЕРЖАВНИМИ СТАНДАРТАМИ, НА ЯКІ Є ПОСИЛАННЯ У ЦЬОМУ СТАНДАРТІ

ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2009 (ИСО 5167-1:2003) Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1. Принцип методу вимірювань та загальні вимоги (ГОСТ 8.586.1–2005 (ИСО 5167-1:2003), IDT; ISO 5167-1:2003, MOD)

ДСТУ ГОСТ 8.586.2:2009 (ИСО 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 (ИСО 5167-2:2003), IDT; ISO 5167-2:2003, MOD)

ДСТУ ГОСТ 8.586.3:2009 (ИСО 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 (ИСО 5167-3:2003), IDT; ISO 5167-3:2003, MOD)

ДСТУ ГОСТ 8.586.4:2009 (ИСО 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 (ИСО 5167-4:2003), IDT; ISO 5167-4:2003, MOD)

ДСТУ ГОСТ 17378:2003 (ИСО 3419–81) Деталі трубопроводів безшовні приварні з вуглецевої й низьколегованої сталі. Переходи. Конструкція (ГОСТ 17378–2001 (ИСО 3419–81), 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

ГОСТ 17310–86 Газы. Пикнометрический метод определения плотности

ДСТУ EN 1434-2:2006 Теплолічильники. Частина 2. Вимоги до конструкції (EN 1434-2:1997, IDT)

ГОСТ 31370–2008 (ИСО 10715:1997) Газ природный. Руководство по отбору проб.

Код УКНД 17.120.10

Ключові слова: измерение, расход, диафрагмы, эллипсные сопла, количество, неопределенность, среда, сопла Вентури, сопла ИСА 1932, трубы Вентури.

Підписано до друку 17.02.2010. Формат 60 × 84 1/8.
Ум. друк. арк. 22,78. Зам. 270 Ціна договірна.

Виконавець
Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
вул. Святошинська, 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