

**Изображение Государственного Герба Республики Казахстан**

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ  
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ ГОСТ 8.586.1-2005,  
ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005**

**Р РК \_\_\_\_\_**

**Настоящий проект рекомендации по стандартизации не подлежит применению до  
его утверждения**

**Комитет технического регулирования и метрологии  
Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан  
(Госстандарт)**

**Нур-Султан**

## **Предисловие**

**1 ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН** Товариществом с ограниченной ответственностью «Стройинжиниринг Астана»

**2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан от ..... года №

**3** Настоящие рекомендации разработаны с учетом требований СТ АО 970740000392-104-2017 «Методический материал по практическому применению ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005 «Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств»

**4** В настоящих рекомендациях реализованы положения Закона Республики Казахстан «О техническом регулировании» от 30 декабря 2020 года № 396-VI, Закона Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений» от 7 июня 2000 года №53- II

## **5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

*Информация об изменениях к настоящим рекомендациям по стандартизации публикуется в ежегодно издаваемом информационном каталоге «Документы по стандартизации», а текст изменений и поправок – в периодически издаваемом информационном каталоге «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящих рекомендаций соответствующее уведомление будет опубликовано в периодически издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты»*

Настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

## **Содержание**

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

Приложение А

Приложение Б

Приложение В

Библиография

## **Введение**

Межгосударственные стандарты ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005 представляют собой комплекс взаимосвязанных стандартов с общим заголовком «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств» и состоят из следующих частей:

- Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования;
- Часть 2. Диафрагмы. Технические требования;
- Часть 5. Методика выполнения измерений.

Данные стандарты распространяются на измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления при применении такого типа сужающих устройств как диафрагмы.

Стандарты ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005 устанавливают требования к геометрическим размерам и условиям применения диафрагм, используемых в трубопроводах круглого сечения, полностью заполненных однофазной (жидкой или газообразной) средой, скорость течения которой менее скорости звука в этой среде.

Данные межгосударственные стандарты являются модифицированными по отношению к международным стандартам [1] - [2].

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 часть устанавливают технические требования к диафрагмам.

В пятой части приведена методика выполнения измерений с помощью разных типов сужающих устройств, в том числе диафрагм.

Измерение расхода и количества веществ с помощью расходомеров с сужающими устройствами является многопараметрической задачей, решение которой требует правильного понимания и соблюдения всех требований, предъявляемых к данному методу измерений. В связи с этим появилась необходимость в разработке документа по практическому применению ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005.

Настоящие рекомендации по стандартизации разъясняют положения и требования вышеуказанных стандартов и направлены на углубление знаний в области измерения расхода и количества веществ с помощью расходомеров с сужающими устройствами.

Настоящие рекомендации по стандартизации позволяют разъяснить вопросы, возникающие при внедрении вышеуказанных стандартов на практике, и позволяет в дальнейшем более квалифицированно выполнять проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатацию узлов учета жидких и газовых сред.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ  
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ ГОСТ 8.586.1-2005,  
ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005**

Дата введения \_\_\_\_ - \_\_\_\_ - \_\_\_\_

## **1 Область применения**

1.1 Настоящие рекомендации по стандартизации устанавливают порядок измерения расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления с применением стандартных сужающих устройств в соответствии с ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005.

1.2 Настоящие рекомендации по стандартизации устанавливают общие требования к сужающим устройствам, их установке, измерительным трубопроводам, диафрагмам, а также условиям проведения измерений расхода и количества жидкостей и газов.

1.3 Настоящие рекомендации по стандартизации распространяются на физические и юридические лица, связанные с проектированием, изготовлением, эксплуатацией и обслуживанием систем измерений расхода жидкостей и газов, и использующих стандартные сужающие устройства типа диафрагм.

## **2 Нормативные ссылки**

Для применения настоящих рекомендаций по стандартизации необходимы следующие ссылочные нормативные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного нормативного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения):

ГОСТ 8.586.1-2005 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 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования.

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

СН РК 4.02-03-2012 Системы автоматизации

СП РК 4.02-103-2012 Системы автоматизации

ГОСТ 2939 Газы. Условия для определения объема.

ГОСТ 7502 Рулетки измерительные металлические. Технические условия.

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

ГОСТ 17310 Газы. Пикнометрический метод определения плотности.

ГОСТ 18140 Манометры дифференциальные ГСП. Общие технические условия.

ГОСТ 30319.2 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Вычисление физических свойств на основе данных о плотности при стандартных условиях и содержании азота и диоксида углерода.

ГОСТ 30319.3 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Вычисление физических свойств на основе данных о компонентном составе.

ГОСТ 31370 Газ природный. Руководство по отбору проб.

ГОСТ 31371.7 Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 7. Методика выполнения измерений молярной доли компонентов.

Примечание — При пользовании настоящими рекомендациями по стандартизации целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов по каталогу «Документы по стандартизации» по состоянию на текущий год и соответствующим периодически издаваемым информационным каталогам, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях по стандартизации применяются термины по ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 15528, [3], а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 Количество газа:** Объем газа, приведенный к стандартным условиям по ГОСТ 2939.

**3.2 Средства измерительной техники:** Обобщающее понятие, охватывающее технические средства, специально предназначенные для измерений.

Примечание - К средствам измерительной техники относят средства измерений, вычислительные устройства и их совокупности (измерительные системы, измерительные установки), измерительные принадлежности, измерительные устройства.

### 4 Обозначения и сокращения

В настоящих рекомендациях по стандартизации применяются следующие обозначения и сокращения:

#### 4.1 Условные обозначения

- $C$  — Коэффициент истечения;
- $c_p$  — Удельная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/(кг·К);
- $d$  — Диаметр отверстия сужающего устройства при рабочей температуре среды, м;
- $d_{20}$  — Диаметр отверстия сужающего устройства при температуре 20 °С, м;
- $D$  — Внутренний диаметр измерительного трубопровода при рабочей температуре среды, м;
- $D_{20}$  — Внутренний диаметр измерительного трубопровода при температуре 20 °С, м;
- $D_t$  — Наружный диаметр преобразователя температуры, термометра или их защитной гильзы (при ее наличии), м;
- $DN$  — Условный внутренний диаметр трубопровода, мм;
- $E$  — Коэффициент скорости входа;
- $E_d$  — Толщина диафрагмы, м;
- $E_y$  — Модуль упругости материала диафрагмы, Па;
- $K$  — Коэффициент сжимаемости газа;

- $K_n$  – Поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы;
- $K_{cy}$  – Коэффициент, учитывающий изменение диаметра отверстия сужающего устройства, вызванное отклонением температуры среды от 20 °С;
- $K_T$  – Коэффициент, учитывающий изменение диаметра трубопровода, вызванное отклонением температуры среды от 20 °С;
- $K_{ш}$  – Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода;
- $l$  – Длина, м;
- $l_{ш}$  – Длина шкалы регистрирующего прибора, см;
- $l_y$  – Длина ленты с записью значения контролируемой величины  $y$ , см;
- $L$  – Относительная длина,  $L = l/D$ ;
- $N_n$  – Планиметрическое число полярного планиметра, см<sup>2</sup>;
- $p$  – Давление среды, Па;
- $p_a$  – Атмосферное давление, Па;
- $p_n$  – Избыточное давление среды, Па;
- $g$  – Ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;
- $q_v$  – Объемный расход среды при рабочих условиях, м<sup>3</sup>/с;
- $q_m$  – Массовый расход среды, кг/с;
- $q_c$  – Объемный расход среды, приведенный к стандартным условиям, м<sup>3</sup>/с;
- $r_k$  – Радиус входной кромки диафрагмы, м;
- $r_n$  – Начальный радиус входной кромки диафрагмы, м;
- $Ra$  – Среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости, м;
- $R_{ш}$  – Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода, м;
- $Re$  – Число Рейнольдса;
- $t$  – Температура среды, °С;
- $T$  – Абсолютная (термодинамическая) температура среды:  $T = 273,15 + t$ , К;
- $u_y$  – Стандартная неопределенность результата измерений величины  $y$ ;
- $u'_y$  – Относительная стандартная неопределенность результата измерений величины  $y$ , %;
- $U_y$  – Расширенная неопределенность величины  $y$ ;
- $U'_y$  – Относительная расширенная неопределенность величины  $y$ , %;
- $V$  – Объем среды при рабочих условиях, м<sup>3</sup>;
- $x_a$  – Молярная доля азота в смеси, %;
- $x_y$  – Молярная доля диоксида углерода в смеси, %;
- $w$  – Продольная составляющая локальной скорости среды;
- $y$  – Любой контролируемый параметр;
- $Z$  – Фактор сжимаемости среды;
- $\beta$  – Относительный диаметр отверстия сужающего устройства;
- $\delta_T$  – Предел текучести материала диафрагмы при рабочей температуре, Па;
- $\delta_y$  – Относительная погрешность величины  $y$ , %;
- $\Delta p$  – Перепад давления на сужающем устройстве, Па;
- $\Delta C/C$  – Отношение разности действительного и стандартизованного значений коэффициентов истечения к стандартизованному значению коэффициента истечения;
- $\varepsilon$  – Коэффициент расширения;
- $\gamma$  – Приведенная погрешность средства измерений, %;
- $\kappa$  – Показатель адиабаты среды;
- $\lambda$  – Коэффициент гидравлического трения;

- $\mu$**  – Динамическая вязкость среды, Па·с;
- $\mu_{JT}$**  – Коэффициент Джоуля –Томсона, К/Па;
- $\rho$**  – Плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;
- $\eta$**  – Время, с;
- $v$**  – Верхний предел измерений;
- $n$**  – Нижний предел измерений;
- $c$**  – Стандартные условия;
- max** – Максимальное значение величины;
- min** – Минимальное значение величины.

## 4.2 Сокращения

- ИТ** – Измерительный трубопровод;
- МС** – Местное сопротивление;
- ПД** – Измерительный преобразователь давления или манометр;
- ПЗ** – Пробоотборный зонд;
- ППД** – Измерительный преобразователь перепада давления или дифманометр;
- ПТ** – Измерительный преобразователь температуры или термометр;
- СИ** – Средство измерений;
- СУ** – Сужающее устройство;
- УПП** – Устройство подготовки потока.

## 5 Рекомендации по применению ГОСТ 8.586.1-2005

### 5.1 К разделу 1 «Область применения» ГОСТ 8.586.1-2005

Рекомендации распространяются на СУ, гидрогазодинамические и метрологические характеристики которых, а также условия их воспроизводимости были определены на основе результатов экспериментальных исследований, полученных на эталонных установках с применением различных сред на трубопроводах с внутренним диаметром от 50 до 1200 мм. Ограничение диапазона внутренних диаметров ИТ, на которых допускается применение стандартных СУ, вызвано следующими причинами:

- с уменьшением внутреннего диаметра ИТ возрастает сложность обеспечения допусков на изготовление и монтаж СУ, что приводит к плохой воспроизводимости коэффициента истечения СУ;
- на ИТ с большим внутренним диаметром отсутствуют экспериментальные данные по определению метрологических характеристик СУ.

Применение настоящих рекомендаций в части применения диафрагм может обеспечить относительную расширенную неопределенность измерения расхода и количества веществ менее 1 %.

Настоящие рекомендации не обеспечивают значения относительной расширенной неопределенности измерения расхода и количества веществ меньше значений, указанных для коэффициентов истечения СУ.

Рекомендуемая область применения СУ для измерений расхода и количества веществ в основных технологических процессах добычи и транспорта углеводородного сырья приведена в приложении А настоящих рекомендаций.



## **5.2 К разделу 3.1 «Давление среды и перепад давления на сужающем устройстве» ГОСТ 8.586-2005**

К пункту 3.1.4:

В случае применения СИ перепада давления, показания СИ не корректируют на разность высот положения отверстий для отбора давления до и после СУ, так как данные СИ измеряют перепад давления с учетом указанной разности высот положения отверстий для отбора давления до и после СУ:

$$\Delta p = p_1 - p_2 - g(\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2) \quad (1)$$

где  $h_1, h_2$  – высота положения отверстий для подключения СИ давления до и после СУ над горизонтальной плоскостью, относительно которой рассматривается их положение;

$\rho_1, \rho_2$  – статическое давление среды до и после СУ в местах подключения СИ к отверстию для отбора давления.

## **5.3 К разделу 3.2 «Сужающие устройства» ГОСТ 8.586.1-2005**

5.3.1 К пункту 3.2.12:

Значение относительного диаметра отверстия СУ применяется для расчета его коэффициента истечения. Если СУ и ИТ изготовлены из разных материалов, то относительный диаметр отверстия СУ зависит от температуры измеряемой среды и рассчитывается по формуле:

$$\beta = \frac{d}{D} \quad (2)$$

где  $d$  - диаметр отверстия сужающего устройства;

$D$  - внутренний диаметр ИТ.

Если СУ и ИТ изготовлены из одинакового материала, то относительный диаметр отверстия СУ рассчитывается по формуле:

$$\beta = \frac{d_{20}}{D_{20}} \quad (3)$$

где  $d_{20}$  - диаметр отверстия сужающего устройства при 20 °С;

$D_{20}$  - внутренний диаметр ИТ при 20 °С.

5.3.2 К пункту 3.2.14:

Изменение геометрических характеристик СУ и состояния его поверхности представляет собой комплексный процесс, который зависит от физико-химических свойств среды, степени ее загрязнения, материала СУ, внутреннего диаметра ИТ, а также средней скорости потока, давления и температуры среды.

Межконтрольный интервал, в пределах которого соблюдаются требования ГОСТ 8.586.2-2005 к геометрическим характеристикам СУ и состояния его поверхности, может быть установлен только на основании анализа результатов периодического контроля с предварительно заданным межконтрольным периодом и последующей его корректировки.

Для установления межконтрольного интервала требуется набор определенных данных, рекомендуемый перечень и периодичность определения которых приведена в таблице 1.

**Таблица 1 - Межконтрольный интервал СУ**

| Наименование контролируемой характеристики СУ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Межконтрольный интервал СУ для измеряемых сред, в годах |                              |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | чистые, не агрессивные                                  | загрязненные, не агрессивные | агрессивные     |
| Геометрические параметры                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1 (2)                                                   | 1 (1,5)                      | 0,5 (0,5)       |
| Состояние поверхности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,5 (1)                                                 | 0,25* (0,25)*                | 0,25** (0,25)** |
| <p>*При наличии в среде маслянистых включений, парафина и других включений, способных откладываться на поверхности СУ, рекомендуется указанное значение уменьшить до 2 месяцев.</p> <p>** Значения указаны для сред слабой агрессивности. Для среднеагрессивных сред межконтрольный интервал СУ рекомендуется принять равным двум месяцам, для сильноагрессивных - 1 месяцу.</p> <p>Примечание - В скобках указаны межконтрольные интервалы СУ, предназначенные для выполнения измерений, на которые не распространяется сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений.</p> |                                                         |                              |                 |

#### 5.4 К разделу 3.3 «Параметры потока и среды» ГОСТ 8.586.1-2005

5.4.1 Массовый и объемный расход среды в случае применения СУ выражаются как произведение средней расходной скорости среды на площадь отверстия СУ:

$$q_m = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \left( \frac{\Delta m}{\Delta \tau} \right) = \rho \iint_s w ds = 4\rho \int_0^{\pi/2} d\varphi \int_0^{d/2} wr dr = \frac{\pi d^2}{4} \rho \bar{w} \quad (4)$$

$$q_v = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \left( \frac{\Delta V}{\Delta \tau} \right) = \iint_s w ds = 4 \int_0^{\pi/2} d\varphi \int_0^{d/2} wr dr = \frac{\pi d^2}{4} \bar{w} \quad (5)$$

где  $\Delta m$ ,  $\Delta V$  - приращение массы и объема среды, протекающей через сечение потока, соответственно, за интервал времени  $\Delta \tau$ ;

$s$  – область сечения отверстия СУ;

$r$ ,  $\varphi$  - цилиндрические координаты точек области  $s$ .

#### 5.5 К разделу 3.4 «Измерительный трубопровод» ГОСТ 8.586.1-2005

К пункту 3.4.5:

Смещение внутренних поверхностей двух секций ИТ в месте их соединения может быть обусловлено не только смещением осей этих секций и (или) различием значений их внутренних диаметров, но отклонением от круглости секций ИТ.

## 5.6 К разделу 3.5 «Неопределенность результата измерений» ГОСТ 8.586.1-2005

5.6.1 Количественными мерами понятия неопределенность результата измерений являются: стандартная неопределенность, относительная стандартная неопределенность, суммарная стандартная неопределенность, относительная суммарная стандартная неопределенность, расширенная неопределенность, относительная расширенная неопределенность.

5.6.2 Для количественного выражения неопределенности результата измерения расхода и количества среды следует применять относительную расширенную неопределенность результата измерений величины при 95 %-ном уровне доверия.

## 5.7 К разделу 5.1 «Принцип метода» ГОСТ 8.586.1-2005

К пункту 5.1.1:

Измерение с помощью СУ является косвенным измерением, при котором искомое значение величины находят путем измерений других величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью.

Примечание - Измерения расхода и количества веществ в случае применения СУ выполняют методом переменного перепада давления, реализуемым с помощью комплекса средств измерительной техники и вспомогательного устройств, поэтому термин «расходомер с СУ», часто используемый на практике является недопустимым.

Основным гидрогазодинамическим параметром СУ является коэффициент истечения.

Для стандартизованных СУ данные используемые для расчета коэффициента истечения, приведенные в нормативных документах, определены с помощью экспериментальных исследований и получены посредством обработки большого массива результатов.

Коэффициент истечения выражается как отношение действительного значения расхода жидкости к его теоретическому значению. При проведении экспериментальных исследований коэффициент истечения СУ определяют с помощью значений расхода, измеренного с помощью рабочего эталона, а также измеренных значений плотности среды, перепада давления на СУ, внутренних диаметров ИТ и отверстия СУ:

$$C = \frac{q_{mэ}(1 - \beta^4)^{0,5}}{(\pi/4)d^2(2\rho\Delta p)^{0,5}} \quad (6)$$

где  $q_{mэ}$  - значение расхода, измеренное с помощью рабочего эталона;

$\beta$  - относительный диаметр отверстия сужающего устройства;

$d$  - диаметр отверстия сужающего устройства при рабочей температуре среды;

$\Delta p$  - перепад давления на сужающем устройстве;

$\rho$  - плотность среды.

Дополнительно проводится измерение вязкости среды и рассчитывается число Re:

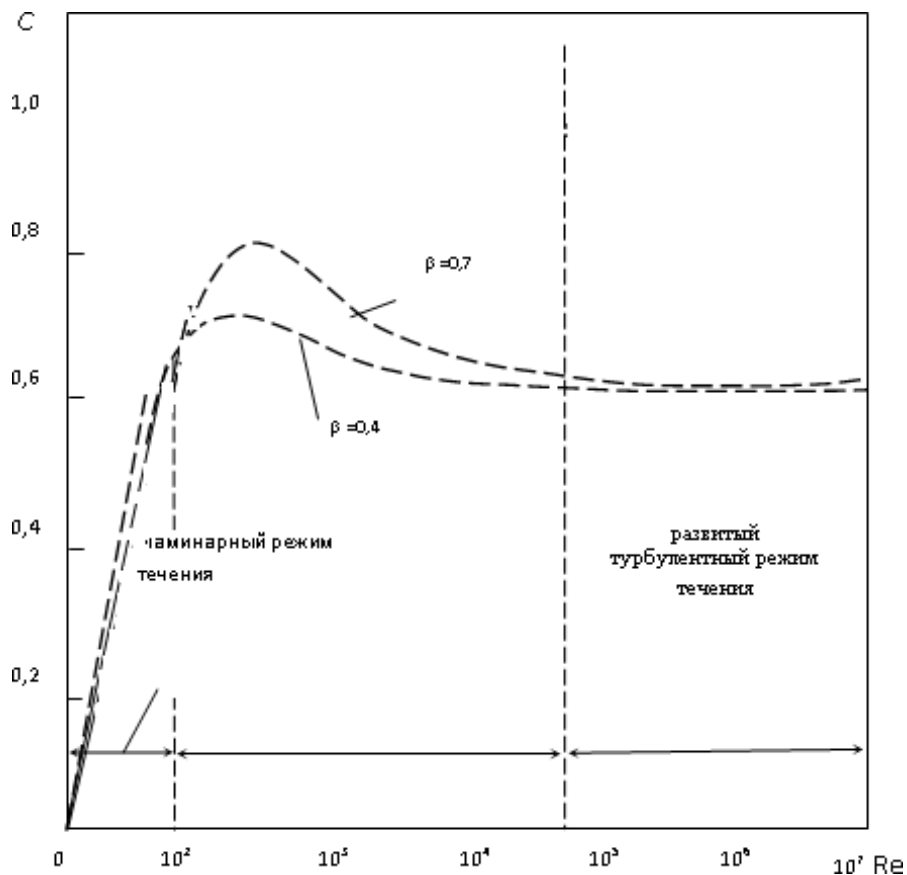
$$Re = \frac{D\overline{w}\rho}{\mu} = \frac{4q_{mэ}}{\pi\mu D} \quad (7)$$

Экспериментальные исследования, проводимые с целью определения параметров среды, потока и СУ, должны проводиться для каждого типа СУ при различных значениях

$\beta$ ,  $D$  и чисел  $Re$ . При этом СУ устанавливаются на значительном расстоянии от МС на участках труб, где движение является установившимся и равномерным.

Потоки с установившимся и равномерным движением среды в ИТ характеризуются строго определенным распределением скоростей, которые зависят только от числа  $Re$  и степени шероховатости стенок ИТ.

На рисунке 1 приведены графики, отражающие зависимость коэффициента истечения диафрагм от числа  $Re$  при двух значениях  $\beta$ .



**Рисунок 1 - Зависимость коэффициента истечения от числа  $Re$  для диафрагм**

Из графиков на рисунке 1 видно, что коэффициент истечения СУ существенно изменяется в области малых чисел  $Re$  при ламинарном режиме течения. В области больших чисел  $Re$  при развитом турбулентном режиме течения коэффициент истечения почти не меняется. Область постоянства коэффициента истечения от числа  $Re$  зависит от типа СУ и  $\beta$ . У большинства типов СУ с уменьшением  $\beta$  расширяется область постоянства числа  $Re$ . СУ применяются в области чисел  $Re$ , где коэффициент истечения изменяется незначительно, так как в области существенного изменения коэффициента истечения требуется высокая точность измерения вязкости среды.

Область чисел  $Re$ , при которых допускается применение СУ, приводится в ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005.

Для измерения расхода вязких сред, течение которых характеризуется малыми числами  $Re$ , применяют специальные СУ, имеющие постоянный коэффициент истечения в этой области чисел  $Re$ .

Для СУ с близкими по значению геометрическими параметрами и гидродинамическими характеристиками сред значения  $C$  одинаковы. При этом степень схожести геометрических параметров и свойств среды, при которых значения  $C$

уравниваются между собой определяется соответствующими допусками. Данные допуски рассчитываются на основе результатов дополнительных экспериментальных исследований.

Изготовление СУ с учетом этих допусков обеспечивает воспроизводимость значений коэффициентов истечения в установленных пределах. Таким образом, если СУ изготовлено в соответствии с требованиями соответствующих стандартов, это значит, что оно геометрически подобно тем СУ, для которых уже были установлены экспериментально коэффициенты истечения. Следовательно, такое СУ в области допустимых чисел  $Re$  и  $D$  может применяться без индивидуальной градуировки.

Индивидуальная градуировка для СУ может проводиться в следующих случаях:

- СУ изготовлено или установлено с нарушением требований стандарта;
- СУ эксплуатируется вне допустимой области чисел  $Re$  и  $D$ ;
- необходимо снизить погрешность коэффициента истечения.

Значения относительного диаметра отверстия  $\beta$  СУ ограничиваются пределами от 0,1 до 0,8. Такие ограничения обусловлены следующими причинами:

- СУ с  $\beta > 0,8$  обладают большой чувствительностью к распределению скоростей потока и, следовательно, требуют больших длин прямолинейных участков ИТ, коэффициент истечения существенно зависит от числа  $Re$  и имеет плохую воспроизводимость;
- СУ с  $\beta < 0,1$  имеют большие гидравлические потери и трудны в изготовлении для ИТ с малым внутренним диаметром.

## **5.8 К разделу 5.2 «Выбор сужающего устройства» ГОСТ 8.586.1-2005**

При выборе типа СУ для измерений расхода и количества веществ в основных технологических процессах добычи и транспорта углеводородного сырья следует учитывать сведения, приведенные в приложении А настоящих рекомендаций.

## **5.9 К разделу 5.3 «Основной принцип расчета расхода среды» ГОСТ 8.586-2005**

5.6.1 Массовый расход среды с учетом поправочных коэффициентов  $K_{ш}$  и  $K_{п}$  рассчитывают по формуле 5.2 ГОСТ 8.586.1-2005. Указанная формула является неявным уравнением и поэтому расчеты по ней требуют проведения итераций. Итерации рекомендуется проводить в соответствии с ГОСТ 8.586.1-2005 (приложение В.2) по числу  $Re$  или расходу среды.

Проведение итераций по числу  $Re$  рекомендовано [1] и позволяет уменьшить количество вычислений при проведении итераций, и, независимо от единиц измерений расхода, использовать общее для всех случаев уравнение, представленное в безразмерной форме в формуле В.1 ГОСТ 8.586.1-2005. Однако критерий сходимости итерационного процесса по числу  $Re$  в ГОСТ 8.586.1-2005, ввиду сложности установления его оптимального значения, выбран с запасом, что приводит в некоторых случаях к увеличению числа итераций. Поэтому в разделе 8 ГОСТ 8.586.5-2005 для решения уравнения расхода предложен альтернативный метод расчета, который основан на проведении итераций по расходу.

Оба метода должны иметь погрешность, не превышающую  $\pm 0,001$  %. Выбор метода расчета определяется только удобством программирования.

## **5.10 К разделу 5.4 «Определение физических свойств, давления и температуры среды, перепада давления на сужающем устройстве» ГОСТ 8.586.1-2005**

### **5.10.1 К пункту 5.4.1 «Определение физических свойств среды»:**

Методическая погрешность расчета плотности среды при рабочих и стандартных условиях, коэффициента сжимаемости, показателя адиабаты и динамической вязкости зависит от выбранного метода расчета и параметров среды, для которых выполняется расчет. Например, методическая погрешность коэффициента сжимаемости зависит от плотности газа при стандартных условиях, давления, температуры и содержания сероводорода. При выборе методов определения физических свойств среды рекомендуется применять те, что характеризуются наименьшей погрешностью в заданных условиях измерений.

При существенной нестабильности компонентного состава и низкой частоте его измерений в результатах измерений плотности и коэффициента сжимаемости газа при стандартных условиях возникает дополнительная погрешность, что приводит к возникновению погрешности в результатах измерений расхода и количества газа. Дополнительная погрешность в результатах измерения расхода газа, обусловленная нестабильностью компонентного состава, может быть снижена путем увеличения частоты измерений компонентного состава и (или) плотности.

Частоту измерений состава и плотности газа при стандартных условиях рекомендуется устанавливать исходя из допустимой погрешности (неопределенности) результатов определений плотности газа при стандартных условиях и возможных изменений ее значения за заданный период времени (например, сутки, месяц).

Число измерений за заданный период времени рассчитывают по формуле (6.6) ГОСТ 8.586.5-2005. Если необходимая частота измерений параметра не может быть обеспечена путем косвенного отбора проб и ее анализа в химико - аналитических лабораториях, то узел измерений следует оснастить потоковым СИ.

### **5.10.2 К пункту 5.4.2 «Определение давления среды и перепада давления на сужающем устройстве»:**

Отбор проб для определения статического давления среды до и после СУ для измерения перепада давления предпочтительно осуществлять с помощью нескольких взаимно соединенных отверстий, либо с помощью кольцевой щели (сплошной или прерывистой), выполненной в камере усреднения. Применение нескольких взаимно соединенных отверстий, либо кольцевой щели (сплошной или прерывистой), выполненной в камере усреднения для отбора статического давления среды до и после СУ, для измерения перепада давления обеспечивает:

- уменьшение влияния на коэффициент истечения эксцентриситета установки СУ и искажений кинематической структуры потока;

Примечание - Установлено, что для  $\beta=0,77$  при эксцентриситете 2 % усреднение давления через четыре отверстия, расположенных равномерно по периметру стенки трубопровода, приводит к снижению эффекта эксцентриситета от 1,2 % до 0,35 %.

- надежность передачи давления от СУ к СИ давления и перепада давлений за счет уменьшения вероятности полного засорения системы отбора давления среды.

Применение одного и того же отверстия для подключения СИ давления и перепада давления не рекомендуется в случае применения дифманометров типов, например, ДСС, ДСП, ДМ и т.д., у которых существенно изменяется объем камер при изменении перепада давления. При подключении СИ давления к плюсовой импульсной линии данных

дифманометров рекомендуется проверить, что такое подсоединение СИ не приводит к каким-либо искажениям результатов измерений.

#### 5.10.3 К пункту 5.4.3 «Определение температуры среды»:

Температуру среды измеряют с целью расчета температурного коэффициента линейного расширения материала СУ и ИТ, а также в случае отсутствия прямых методов измерений, для расчета плотности и вязкости среды и, дополнительно, для расчета коэффициента сжимаемости и показателя адиабаты в случае измерения расхода и количества газа. Если скорость газа в трубопроводе превышает 50 м/с, то при измерении температуры газа может возникать дополнительная составляющая неопределенности измерений, обусловленная нагревом чувствительного элемента термометра или его гильзы (при ее наличии) за счет торможения газа. Отклонение показаний ПТ от температуры газа, обусловленное нагревом чувствительного элемента термометра или его гильзы (при ее наличии) за счет торможения газа, может быть рассчитано по формулам:

$$\Delta T = 0,5 K_{\phi} \frac{\bar{w}^2}{C_p} \quad (8)$$

или

$$\Delta T = 0,5 T K_{\phi} (k - 1) M^2 \quad (9)$$

где  $K_{\phi}$  - поправочный коэффициент, который при практических расчетах может быть принят для дозвуковых потоков газа, равным 0,8;

$\bar{w}$  - продольная составляющая локальной скорости среды;

$T$  - абсолютная (термодинамическая) температура среды:  $T=273,15+t$ , К;

$k$  - показатель адиабаты среды;

$M$  – число Маха.

Пример.

Скорость газа равна 50 м/с, теплоемкость газа - 2500 Дж/(кг·К). Надо найти  $\Delta T$ .

Решение:  $\Delta T = 0,5 \times 0,8 \times 50^2 / 2500 = 0,4$  К.

#### 5.10.4 К пункту 5.5 «Расчет диаметра отверстия сужающего устройства и измерительного трубопровода в рабочих условиях»:

Составляющая неопределенности расхода, обусловленная неопределенностью измерения внутреннего диаметра отверстия или горловины СУ, может быть вычислена по формуле:

$$u' = \frac{2}{(1 - \beta^4)} u' \quad (10)$$

где  $\beta$  - относительный диаметр отверстия сужающего устройства

Примечание - Согласно (10), при неопределенности измерений внутреннего диаметра СУ, равной 1 %, составляющая неопределенности расхода, обусловленная неопределенностью измерения внутреннего диаметра отверстия диафрагмы, может быть равна 2,9 % для  $\beta=0,75$  и 2,0 % для  $\beta=0,2$ . Из этого можно сделать вывод, что неопределенность измерения внутреннего диаметра отверстия или горловины СУ существенно сказывается на неопределенности определения расхода среды. В связи с чем к точности измерений внутреннего диаметра СУ устанавливаются более высокие требования.

Абсолютная погрешность СИ не должна превышать величины  $\pm 0,0002d$ . Например, если внутренний диаметр СУ 50 мм, то абсолютная погрешность измерительного инструмента должна быть не более  $\pm(0,0002 \cdot 50 \text{ мм}) = \pm 0,01 \text{ мм}$ .

Допуск при изготовлении и контроле внутреннего диаметра СУ может быть рассчитан по формуле:

$$\Delta d = \pm 0,0004d \quad (11)$$

где  $d$  - диаметр отверстия сужающего устройства при рабочей температуре среды

Составляющая неопределенности расхода, обусловленная неопределенностью измерений внутреннего диаметра ИТ, может быть вычислена по формуле:

$$u' = \frac{-2\beta^4}{(1 - \beta^4)} u' \quad (12)$$

где  $\beta$  - относительный диаметр отверстия сужающего устройства

$u'$  - составляющая неопределенности расхода

Примечание - Согласно (12) положительная ошибка в измерении диаметра трубопровода, равная 1 %, приводит к отрицательной ошибке измерения расхода 1 % для  $\beta=0,75$  и 0,4 % для  $\beta=0,2$ . Из этого можно сделать вывод, что с увеличением значения  $\beta$  влияние неопределенности измерения внутреннего диаметра ИТ на точность измерений расхода увеличивается.

Абсолютная погрешность СИ не должна превышать величины  $\pm 0,001D$ . Например, если внутренний диаметр трубопровода 100 мм, то абсолютная погрешность измерительного инструмента должна быть не более  $\pm 0,1 \text{ мм}$ .

Допустимая погрешность при измерений внутреннего диаметра ИТ может быть рассчитан по формуле:

$$\Delta D = \pm 0,002D \quad (13)$$

где  $D$  - внутренний диаметр измерительного трубопровода при рабочей температуре среды, м;

Для быстросменных сужающих устройств (БСУ), у которых патрубки и корпус изготовлены из разных материалов, для расчета  $D$  применяют коэффициент линейного расширения материала его патрубков.

## 5.11 К разделу 6.1 «Требования к сужающему устройству» ГОСТ 8.586.1-2005

### 5.11.1 К пункту 6.1.1:

В случае применения диафрагм на ИТ с внутренним диаметром менее 50 мм, то руководствуются [4], если внутренний диаметр ИТ свыше 1000 мм и не более 3000 мм, то применяют [5].

Для случаев, когда характеристики СУ или условия их применения не соответствуют требованиям ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005, [4] и [5] коэффициенты истечения данного СУ в заданных условиях определяются экспериментально.

### 5.11.2 К пункту 6.1.2:



В случае применения в качестве СУ диафрагмы, ее минимальная допускаемая толщина определяется на основе значений ее модуля упругости и предела текучести материала, из которого она изготовлена.

В ГОСТ 8.586.1-2005 при расчете толщины диафрагмы коэффициент запаса принят, равны трем. В связи с чем, в случае отсутствия данных о значениях модуля упругости и предела текучести материала диафрагмы при рабочей температуре, при расчетах могут быть использованы значения параметров, указанных для 20 °С, если температура среды не превышает 300 °С.

#### **5.12 К разделу 6.3 «Требования к параметрам потока» ГОСТ 8.586.1-2005**

К пункту 6.3.5:

Скорость звука в газе возрастает с ростом температуры и давления, поэтому проверка требования настоящего пункта может быть выполнена путем сравнения скорости газа со скоростью звука в газе, рассчитанной при минимальных рабочих температуре и давлении газа.

#### **5.13 К разделу 7.1 «Требования к измерительному трубопроводу и его оснащению» ГОСТ 8.586.1-2005**

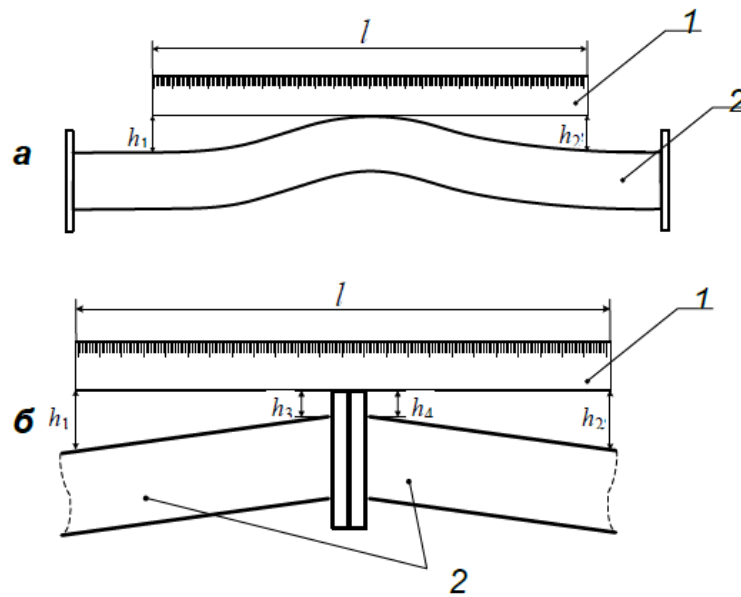
5.13.1 К пункту 7.1.1:

Изготовление труб согласно техническим условиям на промышленные трубопроводы обеспечивает минимальные отклонения цилиндричности и эллипсности (округлости) которые не влияют на коэффициент истечения СУ в случае их размещения на расстоянии более 2D от СУ. Допуски на цилиндричность и эллипсность в ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005 установлены для участков длиной 2D, расположенных непосредственно перед СУ.

5.13.2 К пункту 7.1.3:

Для проверки прямолинейности ИТ достаточно визуального контроля, но при наличии сомнения или разногласии между заинтересованными сторонами, проверка соответствия требований к прямолинейности ИТ требованиям нормативных документов может быть выполнена на основе измерений.

На рисунке 2 приведены схемы измерения прямолинейности секций ИТ и прямолинейности ИТ в местах соединения его секций.



- 1 – линейка;  
2 – секция ИТ;  
а – измерение прямолинейности ИТ;  
б – измерение прямолинейности ИТ в местах соединения секций ИТ.

**Рисунок 2 – Схемы измерения прямолинейности секций ИТ и прямолинейности ИТ в местах соединения его секций**

В соответствии со схемами, приведенными на рисунке 2, прямолинейность ИТ проверяется путем проверки условий:

$$\frac{1}{l} \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \leq 0,004 \quad (14)$$

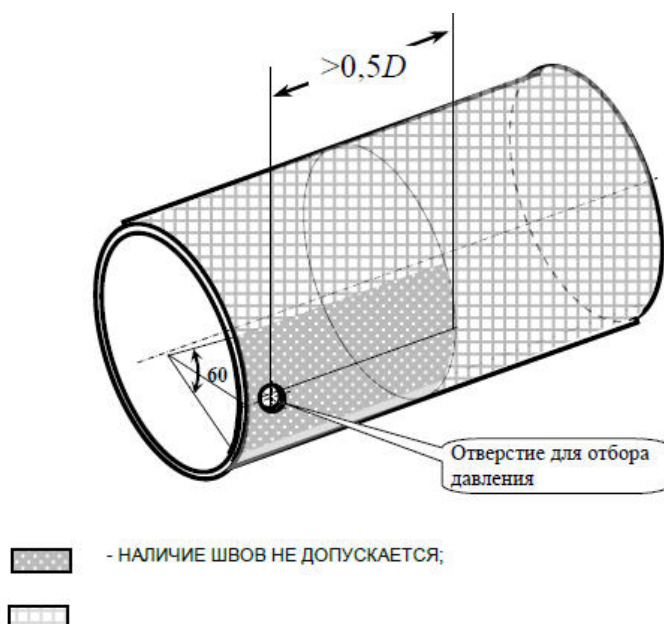
или

$$\frac{1}{l} \left[ \frac{(h_1 - h_3) + (h_2 - h_4)}{2} \right] \leq 0,004 \quad (15)$$

где  $h_1, h_2, h_3, h_4$  - высота положения рассматриваемых сечений над горизонтальной плоскостью, относительно которой рассматривается его положение

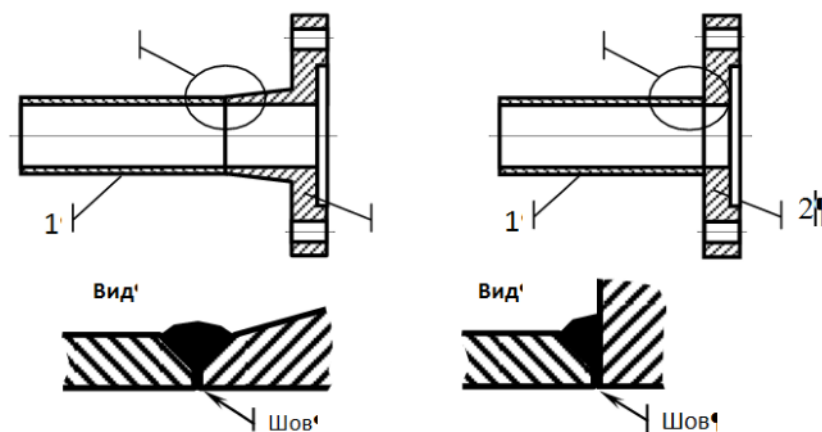
### 5.13.3 К пункту 7.1.4:

На рисунке 3 приведены зоны расположения продольного шва ИТ относительно отдельного отверстия для отбора давления.



**Рисунок 3 – Положение продольного шва относительно отдельного отверстия для отбора давления**

В случаях применения прямошовной трубы или сварной конструкции ИТ, или приварки фланцев встык трубопровода, как показано на рисунке 4, необходимо на участке  $2D$  перед СУ шов зачистить



1 - ИТ; 2 - Фланец

**Рисунок 4 – Приварка фланцев встык трубопровода**

Кроме того, следует выполнить измерение внутреннего диаметра трубопровода в сечении расположения шва и убедиться, что его значение не отличается более чем на 0,3 % от значения  $D$ , рассчитанного в соответствии с требованиями ГОСТ 8.586.1-2005 и ГОСТ 8.586.2-2005 (пункт 6.4.2).

В случае применения сварной конструкции ИТ и трехрадиусного способа отбора давления, поперечный зачищенный шов должен находиться на расстоянии не менее  $0,06D$  до отверстия для отбора давления и не менее  $0,03D$  после него.

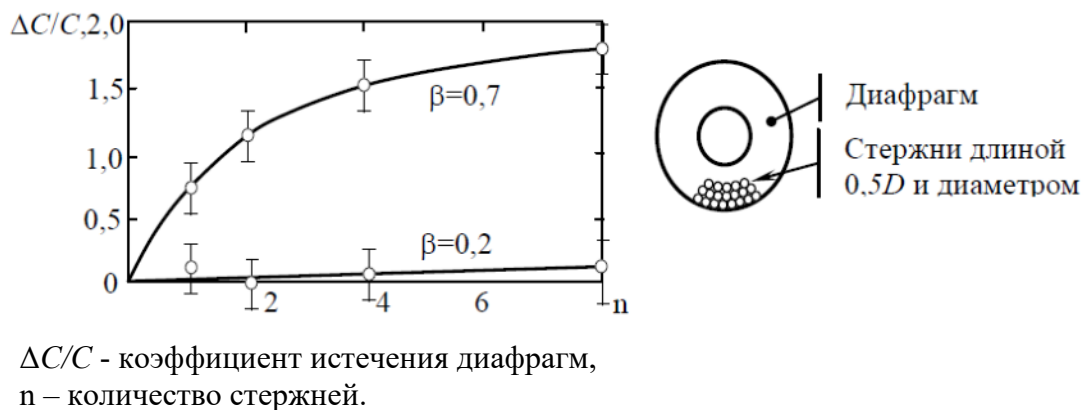
Отверстия для отбора давления при угловом и фланцевом способах отбора давления располагаются в застойной зоне, поэтому для этих способов отбора давления расположение поперечного зачищенного шва относительно отверстий для отбора не нормируется.

За пределами участка  $2D$  высота внутреннего шва прямошовной трубы, а также внутреннего валика сварного шва соединения секций ИТ не должна превышать допуска на уступ, установленного для каждого типа СУ ГОСТ 8.586.2-2005 (пункт 6.4.3).

#### 5.13.4 К пункту 7.1.5:

На внутренней поверхности ИТ не должны скапливаться осадки в виде песка, пыли, металлической окалины и других загрязнений. поверхность ИТ должна быть чистой в течение всего времени измерений. Отложения и накипь на внутренней поверхности ИТ приводят к увеличению шероховатости стенок ИТ и уменьшению его внутреннего диаметра.

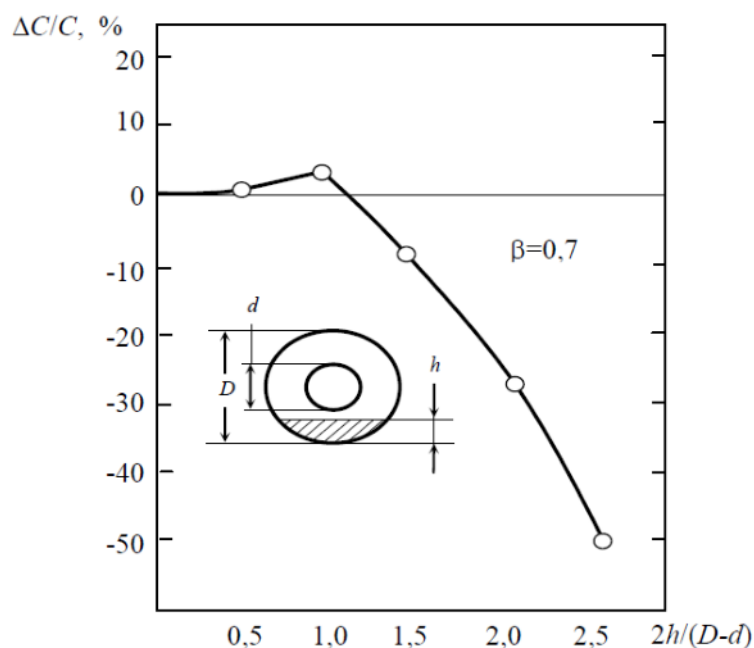
Влияние отложений на внутренней поверхности ИТ на коэффициент истечения диафрагм приведен на рисунках 5 и 6 [6].



**Рисунок 5 – Результаты моделирования загрязнения измерительного трубопровода**

На рисунке 5 показаны результаты моделирования загрязнения ИТ перед диафрагмой путем укладки перед ней различного количества ( $n$ ) стержней длиной  $0,5D$  и диаметром  $0,016D$ . На рисунке 6 показан результат исследований влияния однородных отложений (высотой  $h$ ) на нижней полости трубопровода до и после диафрагмы.

Из графиков рисунка 5 видно, что отложения перед диафрагмой приводят к росту коэффициента истечения. Причем с увеличением относительного диаметра СУ возрастает влияние отложений. Если отложения достигают отверстия диафрагмы (см. рисунок 6), то коэффициент истечения начинает уменьшаться с ростом высоты отложений.



$\Delta C/C$  - коэффициент истечения диафрагм,  
 $2h(D-d)$  – отложения на внутренней поверхности

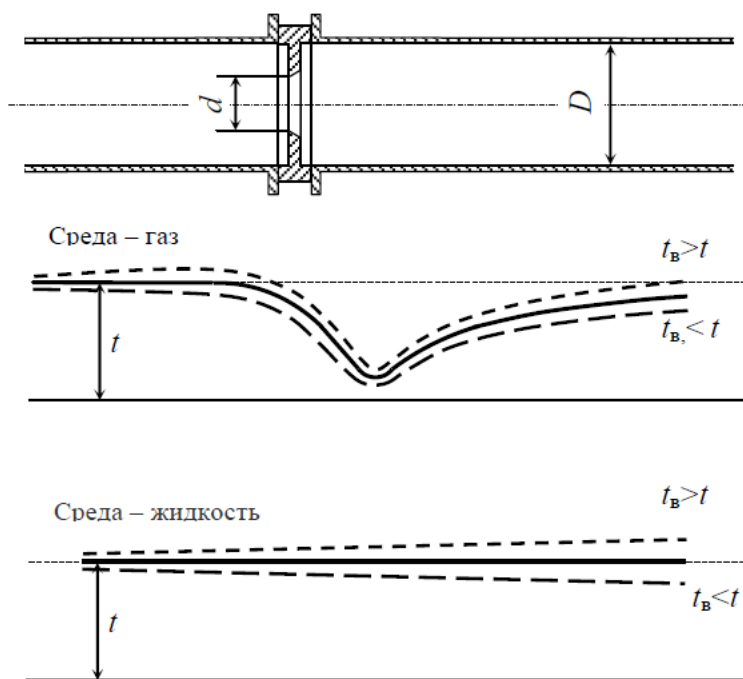
**Рисунок 6 – Результаты исследований влияния однородных отложений.**

Тонкие жидкие масляные пленки на внутренней поверхности ИТ приводят к росту шероховатости и, следовательно, к увеличению значения коэффициента истечения диафрагм. Очень тонкие масляные пленки на внутренней поверхности ИТ, толщина которых находится в пределах наибольшей высоты профиля неровностей поверхности ИТ, напротив, могут приводить к уменьшению их шероховатости [7]. Чистоту внутренних поверхностей ИТ необходимо поддерживать путем их периодической чистки. Регламент работ по очистке поверхностей должен разрабатываться эксплуатирующей организацией с учетом опыта эксплуатации узла измерений.

Коэффициент истечения СУ зависит от шероховатости внутренней поверхности ИТ, характеризуемой относительной эквивалентной шероховатостью  $R_{ш}/D$ . Рост  $R_{ш}/D$  приводит к увеличению коэффициента истечения СУ, причем, чем больше  $\beta$  и  $Re$ , тем больше изменяется величина  $C$ . Зависимость шероховатости внутренней поверхности ИТ на величину коэффициента истечения выражается путем использования поправочного коэффициента, который определяется с помощью величины эквивалентной шероховатости внутренней стенки ИТ  $R_{ш}$ . Значения  $R_{ш}$  и ее влияние на характеристики потока приведены в [8]. Методы определения  $R_{ш}$  приведены в приложении Б настоящих рекомендаций.

#### 5.13.5 К пункту 7.1.7:

На рисунке 7 показан качественный характер изменения температуры среды (газа и жидкости) в зависимости от температуры окружающего воздуха.



**Рисунок 7 – Характер изменения температуры среды в зависимости от температуры окружающего воздуха**

Кривые изменения температуры среды показывают, что на прямых участках ИТ температура среды возрастает, если температура окружающего воздуха более температуры среды, и наоборот, в результате чего температура среды в месте расположения ПТ может отличаться от температуры в месте расположения СУ.

Эффект изменения температуры вдоль ИТ за счет разницы температуры измеряемой среды и окружающего воздуха, возрастает при малых скоростях среды, наличия конденсата на поверхности ИТ, а также воздействия ветра.

При прохождении через СУ температура газа сначала уменьшается за счет увеличения скорости потока и уменьшения статического давления, и достигает минимального значения в области наибольшего сужения струи потока, затем температура начинает возрастать. Температура среды стабилизируется на расстоянии превышающем  $5D$  после СУ. В связи с этим расположение ПТ после СУ на расстоянии ближе  $5D$  от него не допускается.

ПТ независимо от принципа работы показывает только температуру чувствительного элемента. При этом необходимо учитывать, что из-за наличия теплообмена излучением между термоприемником и ИТ, отводом или подводом тепла по термоприемнику вследствие теплопроводности, торможения потока газа и других причин, собственная температура чувствительного элемента может отличаться от температуры среды.

Методическая неопределенность измерений температуры жидкости при равных прочих условиях существенно меньше методической неопределенности измерений температуры газа. Методическая неопределенность измерений температуры газовой среды будет тем меньше, чем больше скорость потока, разность температуры стенки ИТ и среды и меньше диаметр термоприемника. Увеличение скорости газового потока в 2 раза может приводить к снижению методической погрешности измерений температуры газа более чем в 10 раз.

При выборе способа установки ПТ необходимо учитывать, что коэффициент теплоотдачи больше при поперечном обтекании теплоприемника, чем при наклонном и продольном, следовательно, радиальная установка ПТ является предпочтительной. На увеличение методической неопределенности измерений температуры оказывает выступающая часть ПТ. Для уменьшения данной составляющей методической погрешности рекомендуется выступающую часть ПТ покрыть теплоизолирующим материалом.

При наличии разности температуры воздуха и среды, корпуса камер усреднения имеет температуру отличную от температуры среды. Вследствие этого распределение температуры в радиальном направлении по СУ будет неравномерным из-за отвода или подвода тепла, и, следовательно, средняя температура СУ будет отличаться от температуры среды. Для исключения разности температуры СУ и среды рекомендуется совместно с участками ИТ теплоизолировать корпуса камер усреднения.

#### **5.14 К разделу 7.2 «Минимальная длина прямолинейных участков измерительного трубопровода» ГОСТ 8.586.1-2005**

К пункту 7.2.1:

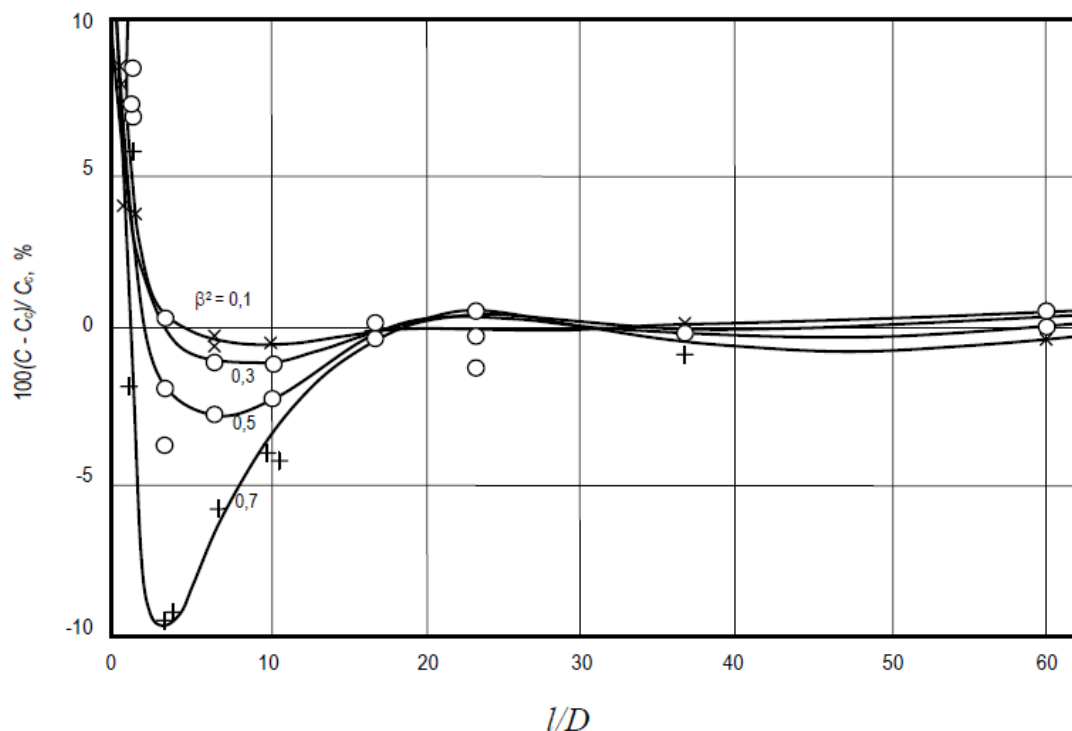
Коэффициент истечения СУ зависит от распределения скоростей потока измеряемой среды в ИТ. Степень влияния распределения скоростей потока в трубопроводе на коэффициент истечения зависит от относительного диаметра  $\beta$  и типа СУ. Для всех типов СУ с увеличением  $\beta$  возрастает чувствительность их коэффициента истечения к распределению скоростей потока.

Знак дополнительной погрешности коэффициента истечения зависит от вида искажения, а также, в случае применения отдельных отверстий для отбора давлений, их положения.

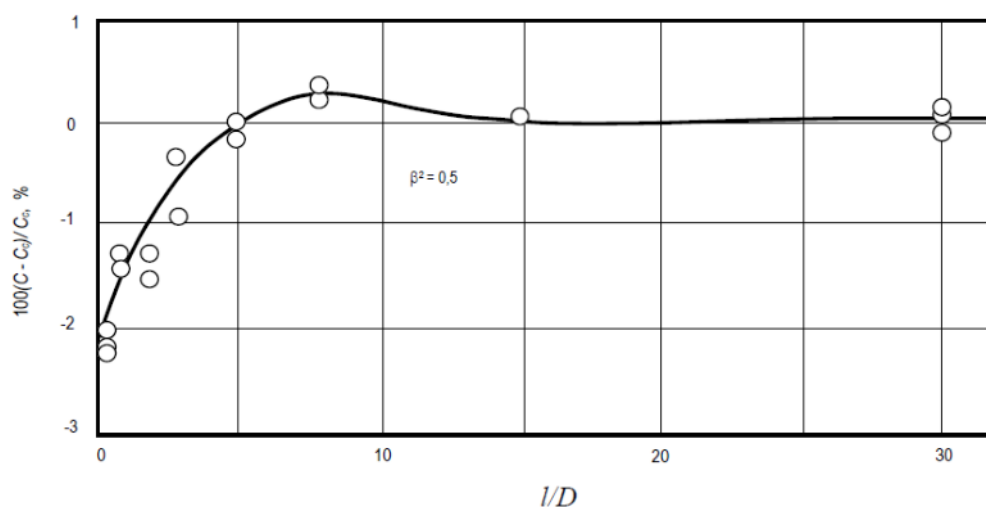
При наличии закрутки потока или осесимметричного искажения профиля скорости потока, при котором значение скорости среды на оси ИТ относительно стабилизированного течения увеличено, коэффициент истечения СУ, как правило, возрастает. При наличии асимметрии или осесимметричного искажения профиля скорости потока, при котором значение скорости среды на оси ИТ относительно стабилизированного течения уменьшено, коэффициент истечения СУ уменьшается.

Если поток среды характеризуется наличием асимметрии и закрутки, то знак дополнительной погрешности зависит от типа СУ и степени закрутки. Так, дополнительная погрешность коэффициента истечения диафрагм, установленных после МС, образованных группой колен, между которыми отсутствуют участки ИТ, является положительной, а у размещенных после МС, образованных группой колен, между которыми участки ИТ имеются, отрицательной.

Профиль скорости потока на участке его стабилизации может принимать различные формы, следовательно, знак дополнительной погрешности может меняться в зависимости от расстояния МС от СУ. Например, изменение коэффициента истечения диафрагмы в зависимости от длины прямолинейного участка ИТ в случае установки их после диффузора или конфузора. На рисунке 8 приводятся относительные отклонения коэффициента истечения от стандартизованных значений для диафрагм, установленных после конфузора, а на рисунке 9 - после диффузора. Конусность МС при этом составляет 0,57, отношение наибольшего внутреннего диаметра к наименьшему внутреннему диаметру у конфузора - 2, у диффузора - 2,14.



**Рисунок 8 - Относительные отклонения коэффициента истечения от стандартизованных значений для диафрагм, установленных после конфузора**



**Рисунок 9 - Относительные отклонения коэффициента истечения от стандартизованных значений для диафрагм, установленных после диффузора**

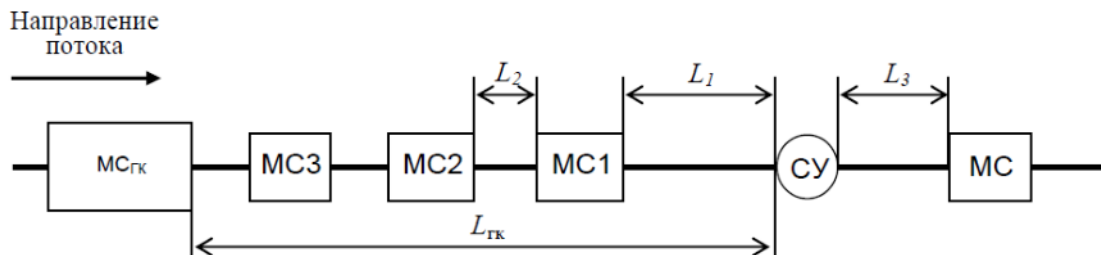
Примечание - Согласно экспериментальным данным, чувствительность диафрагм относительно распределения скоростей потока незначительна.

В ГОСТ 8.586.1-2005 (пункт 7.2.1) приведены требования, предъявляемые к параметрам потока перед СУ, обеспечивающие воспроизводимость стандартизованных значений коэффициентов истечения в реальных условиях эксплуатации СУ. Проверка этих требований не требуется, если МС (колена, запорная арматура, переходники и т.п.) на ИТ размещены в соответствии с требованиями ГОСТ 8.586.1-2005.



Примечание - Соответствие указанным требованиям позволит обеспечить устранение искажений распределения скоростей потока, вызванные МС путем применения после МС прямых участков ИТ, длина которых достаточна для формирования эпюры скоростей, соответствующей требованиям ГОСТ 8.586.1-2005 (пункт 7.2.).

Участки ИТ, к длине которых в ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005 установлены требования приведены на рисунке 10.



**Рисунок 10 – Схема размещения МС на ИТ**

МСГК на рисунке 10 представляет собой МС, состоящее из группы колен. Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и СУ  $L_1$  выбирают в зависимости от вида МС1 и относительного диаметра отверстия СУ.

Примечание - МС3 учитывают только в случае, когда оно является комбинацией колен, или расстояние между МС2 и МС3 менее  $5D$ , и МС3 требует длину прямолинейного участка ИТ большую, чем МС2.

Длина прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2  $L_2$  определяется для каждого типа СУ, исходя из следующих требований:

- а) если расстояние между МС3 и МС2 не менее  $5D$ , то длину  $L_2$  определяют в зависимости от типа МС2;
- б) если расстояние между МС3 и МС2 менее  $5D$  и МС3 требует меньший прямолинейный участок, чем МС2, то длину  $L_2$  выбирают в зависимости от типа МС2;
- в) если расстояние между МС3 и МС2 менее  $5D$  и МС3 требует больший прямолинейный участок, чем МС2, то длину  $L_2$  выбирают в зависимости от типа МС3.

**Примечания**

1 МС3 учитывают только в случае, если оно является комбинацией колен, или расстояние между МС2 и МС3 менее  $5D$ , и МС3 необходимо расположить на длину прямолинейного участка ИТ большую, чем МС2.

2 Если между коленами или между группами колен или между коленом и группой колен имеется МС отличное от колена, то данные колена не объединяют в одно МС.

3 Если МС1 и МС3 являются коленами или комбинацией колен, или «МС неопределенного вида», состоящего из комбинации колен, и выполняется условие перечисления в), то независимо от расстояния между МС1 и МС3 их не объединяют в одно МС.

Длина прямолинейного участка ИТ после СУ  $L_3$  определяется в зависимости от типа и относительного диаметра отверстия СУ, необходимая длина прямолинейного участка ИТ после которых одинакова для всех  $\beta$ .

Потоки среды после МС, состоящих из комбинации колен, имеют сложную, устойчивую к возмущениям вихревую структуру. Искращения потока, вызванные этими МС, распространяются на значительные расстояния вдоль ИТ и могут сохраняться,

проходя через другие типы МС. В связи с этим любое МС, состоящее из комбинации колен, должно быть помещено от СУ на регламентированном в соответствующей части ГОСТ 8.586 расстоянии  $L_{ГК}$ , независимо от числа и типа МС, находящихся между комбинацией колен и СУ.

Примечание – Данное требование также распространяется на размещение «МС неопределенного вида», состоящих из комбинации колен.

Чувствительность СУ к искажению структуры потока, как правило, снижается с уменьшением относительного диаметра отверстия СУ и практически не зависит от числа  $Re$ . Однако при наличии закрутки потока, влияние искажений может возрасти с ростом числа  $Re$ , при этом чувствительность, например, диафрагм к закрутке потока уменьшается с увеличением  $\beta$  от 0,6 до 0,67 [9].

Угол закрутки потока  $\psi$  в точке сечения ИТ определяется по формуле:

$$\psi = \arctg\left(\frac{w_T}{w}\right) \quad (16)$$

где  $w_T$  – тангенциальная (окружная) составляющая вектора скорости потока;  
 $w$  – осевая составляющая вектора скорости потока.

Измерение длины прямолинейных участков ИТ и МС рекомендуется выполнять с помощью рулеток измерительных металлических класса II по ГОСТ 7502.

#### **5.15 К Приложению Б «Рекомендации по выбору типа сужающего устройства» ГОСТ 8.586.1-2005**

Влияние наличия конденсата в газе на результат измерения его объемного расхода, приведенного к стандартным условиям, с помощью диафрагм ориентировочно составляет  $(1-\alpha_T)100\%$ , где  $\alpha_T$  – истинное объемное газосодержание.

#### **5.16 К Приложению В «Основные принципы решения уравнения расхода» ГОСТ 8.586-2005**

5.16.1 К пунктам В.4, В.5.1.3, В.5.1.4: смотрите приложение В (раздел В.1).

5.16.2 К пункту В.5.2 (5.2.1-5.2.7) «Расчет внутреннего диаметра и числа ИТ по заданным значениям верхней границы диапазона измерений перепада давления на СУ и относительного диаметра отверстия СУ»:

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

Исходными данными необходимыми для расчета являются тип СУ,  $\beta$ ,  $p$ ,  $\Delta p$ ,  $q_{Tmax}$ ,  $q_{Tmin}$ ,  $\rho$ ,  $\mu$ ,  $\kappa$ .

Расчет выполняют в следующей последовательности.

Значения верхних и нижних границ диапазона допускаемых значений  $Re$ ,  $D$  и  $d$  для выбранного типа СУ определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2-2005 (пункт 5.3.1).

Для диафрагм с фланцевым способом отбора давления принимают  $Re_H = \max(5000, 170000\beta^2 D_H)$ .

Вспомогательный параметр  $A$  рассчитывают по формуле:

$$A = E\varepsilon(\pi\beta^2/4)\sqrt{2\rho\Delta p} \quad (17)$$

где  $E$  - коэффициенты скорости входа

$\varepsilon$  - коэффициент расширения

$\beta$  - относительный диаметр отверстия сужающего устройства

$d$  - диаметр отверстия сужающего устройства при рабочей температуре среды

$\Delta p$  - перепад давления на сужающем устройстве

$\rho$  - плотность среды

Вспомогательный параметр  $A_{\max}$  определяют по формуле (В.29) ГОСТ 8.586.1-2005.

Значения верхней границы  $D_B^*$  и нижней границы  $D_H^*$  диапазона допускаемых значений внутреннего диаметра ИТ рассчитывают по формулам:

$$D_H^* = \max(D_H; \frac{d_H}{\beta}) \quad (18)$$

где  $\max$  - максимальное значение величины

$D_H$  - нижний предел значений внутреннего диаметра ИТ;

$d_H$  - нижний предел значений диаметра отверстия сужающего устройства

при рабочей температуре среды

$\beta$  - относительный диаметр отверстия сужающего устройства

$$D_B^* = \min(D_B; \frac{d_B}{\beta}) \quad (19)$$

где  $\min$  - максимальное значение величины

$D_H$  - верхний предел значений внутреннего диаметра ИТ;

$d_H$  - верхний предел значений диаметра отверстия сужающего устройства

при рабочей температуре среды

$\beta$  - относительный диаметр отверстия сужающего устройства

Область значений, в пределах которой находится искомое число ИТ, рассчитывается по формулам:

$$N_H = q_{\min}/(C_0 A D_B^{*2}) \quad (20)$$

где  $q_{\min}$  - минимальный массовый расход среды;

$C_0$  - коэффициент истечения;

$D_B^*$  - верхний предел значений внутреннего диаметра ИТ;

$A$  - вспомогательный параметр.

$$N_B = q_{\max}/(C_0 A D_H^{*2}) \quad (21)$$

где  $q_{\max}$  - максимальный массовый расход среды;

$C_0$  - коэффициент истечения;

$D_H^*$  - нижний предел значений внутреннего диаметра ИТ;

$A$  - вспомогательный параметр.

В формулах (20), (21) и (24) значение  $C_0$  для диафрагм принимают  $C_0=0,6$ . Значения  $N_H$  и  $N_B$  округляют в соответствии с ГОСТ 8.586.1-2005 (пункт В.5.1.3).

При  $N_B < N_H$  - решение невозможно, исходные данные необходимо изменить. При  $N_H \leq N_B$  принимают число ИТ, удовлетворяющее условию:

$$N_H \leq N \leq N_B \quad (22)$$

Относительно  $D$  решают методом итераций уравнение  $F=0$ , где

$$F = (q_{m\max}^* - q_{m\max})/q_{m\max} \quad (23)$$

где  $q_{m\max}^*$ ,  $q_{m\min}$ ,  $q_{m\max}$  - массовый расход среды;

В качестве начального приближения, принимают условие (24) и рассчитывают первое приближение для  $F$  по формуле (23).

$$D = D_0 = [q_{m\max}/(C_0 A N)]^{0.5}; q_{m\max}^* = A N C_{\text{ш}} K_{\text{п}} D^2 \quad (24)$$

где  $q_{m\max}$  - массовый расход среды;

$C_0$  - коэффициент истечения;

$A$  - вспомогательный параметр;

$N$  - начальное приближение;

$K_{\text{ш}}$  - поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода;

$K_{\text{п}}$  - поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы;

$D$  - внутренний диаметр измерительного трубопровода при рабочей температуре среды.

Значения  $C$ ,  $K_{\text{ш}}$ ,  $K_{\text{п}}$ , в зависимости от выбранного типа СУ, определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2-2005 (пункт 5.3.2).

Число  $Re$  при этом рассчитывают по формуле:

$$Re = A_{\max}/(DN) \quad (25)$$

где  $A$  - вспомогательный параметр;

$DN$  - Условный внутренний диаметр трубопровода.

Значение  $D$  принимают в качестве окончательного, если выполняется неравенство:

$$|F| < 0.001 \quad (26)$$

Если неравенство (26) не выполняется, для  $D$  рассчитывается новое приближение по формуле (27), а также рассчитываются соответствующие ему значения  $q_{m\max}$  и  $F$  по формулам (23) и (24) с последующей проверкой неравенства (26) и продолжением процесса, в случае необходимости.

$$D = [q_{m\max}/(A N C_{\text{ш}} K_{\text{п}})]^{0.5} \quad (27)$$

где  $q_{m\max}$  - массовый расход среды;

$C$  - коэффициент истечения;

$A$  - вспомогательный параметр;

$N$  - начальное приближение;

$K_{ш}$  - поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода;

$K_{п}$  - поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы.

#### **5.17 К Приложению Г «Температурный коэффициент линейного расширения материала» ГОСТ 8.586.1-2005**

При отсутствии данных о значениях температурного коэффициента линейного расширения материала СУ или ИТ, в зависимости от температуры среды, допускается:

- применять средний коэффициент линейного расширения материала. При этом диапазон температуры, для которого указан средний коэффициент линейного расширения материала, не должен превышать 100°C, а рабочая температура среды не должна выходить за пределы этого диапазона;
- использовать данные, приведенные для зарубежных аналогов;
- при отрицательных температурах среды (не менее минус 40°C) экстраполировать имеющиеся данные при положительных температурах.

#### **5.18 К Приложению Д «Шероховатость внутренней поверхности трубопроводов» ГОСТ 8.586.1-2005**

К основным дефектам, определяющим состояние внутренней поверхности ИТ, относят:

- ржавчину (продукты коррозии, состоящие главным образом из гидратированных оксидов железа, магнетита и аморфных продуктов). В зависимости от условий эксплуатации можно ожидать появления ржавчины различной степени компактности, образования плотных беспористых или рыхлых осыпающихся слоев;
- окалину (слой оксидов, образующийся в процессе выплавки или горячей обработки стали);
- питтинги (каверны, язвы или полости), образованные в металле вследствие его коррозии;
- отложения (слои минеральных масел, смазочных, смазочно-охлаждающих эмульсий, смешанных с пылью и механических включений);
- накипь (твёрдые отложения, образующиеся на внутренних стенках ИТ).

При оценке состояния внутренней поверхности стенки ИТ стальных труб рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

а) состояние поверхности трубы классифицируется как «с незначительным налетом ржавчины» в следующих случаях:

- значительная часть поверхности покрыта прилипшей прокатной окалиной, ржавчина отсутствует или имеется в небольших количествах;
- поверхность начала ржаветь и отслаиваться;

б) состояние поверхности трубы классифицируется как «ржавая» в следующих случаях:

- поверхность или полностью покрыта ржавчиной, или ржавчину можно соскрести. При этом на поверхности заметны небольшие питтинги;
- поверхность полностью покрыта ржавчиной или на ней невооруженным глазом заметны питтинги вследствие общей коррозии.

## **5.19 К Приложению Е «Конструкция устройств подготовки потока и струевыпрямителей» ГОСТ 8.586.1-2005**

Конструкция УПП и струевыпрямителя должна предусматривать возможность их периодических осмотров (путем демонтажа или с использованием эндоскопа) и, при необходимости, очистки.

Ввод эндоскопа во внутреннюю полость ИТ осуществляют через одно или несколько отверстий, расположенных в стенке ИТ. Внутренний диаметр отверстий для ввода эндоскопа в ИТ не должен превышать  $0,13D$ . Отверстия для ввода эндоскопа во внутреннюю полость ИТ располагают до или после корпуса УПП или струевыпрямителя на расстоянии не менее  $1D$ .

Контроль состояния УПП или струевыпрямителя допускается осуществлять путем контроля перепада давления на них. Если перепад давления на УПП превышает контрольное значение более чем на 10 %, необходимо провести его очистку.

Отклонение в процессе эксплуатации перепада давления от контрольного значения, превышающего допустимое значение, означает наличие засорения или загрязнения проточной части УПП или струевыпрямителя.

Контрольный перепад давления  $[\Delta p]$  на УПП или струевыпрямителе для текущих условий в месте размещения УПП или рассчитывают по формуле:

$$[\Delta p] = \Delta p_0 \left( \frac{\rho_c p}{\rho_{oc} p_0} \right) \left( \frac{q}{q_0} \right)^2 \quad (28)$$

где  $p$ ,  $\rho_c$  и  $q$  – давление, плотность при стандартных условиях и расход газа в текущих условиях в месте размещения УПП или струевыпрямителя;

$\Delta p_0$  – перепад давления, установленный в технической документации на УПП или струевыпрямитель, или измеренный в начале их эксплуатации, при давлении  $p_0$ , плотности  $\rho_{oc}$  и расходе  $q_0$ .

В качестве значений  $\Delta p_0$ ,  $p_0$ ,  $\rho_{oc}$  и  $q_0$  рекомендуется применять значения, зарегистрированные в начале эксплуатации УПП или струевыпрямителя.

Отверстия для измерений перепада давления располагают до и после УПП или струевыпрямителя на расстоянии от 1 до 3  $DN$  от его корпуса.

## **6 Рекомендации по применению ГОСТ 8.586.2-2005**

### **6.1 К разделу 1 «Область применения» ГОСТ 8.586.2-2005**

Если внутренний диаметр ИТ лежит вне области допускаемых значений, то руководствуются:

- при  $D < 50$  мм [4];
- при  $D > 1000$  мм [5].

Расширение диапазона допускаемых значений внутреннего диаметра ИТ, на которых возможно применение диафрагм, в [4] осуществлено за счет увеличения погрешности их коэффициента истечения, а в [5] на основе соблюдения принципов геометрического и гидрогазодинамического подобия, обеспечивающих возможность экстраполяции имеющихся данных на трубопроводах от 50 до 1000 мм на ИТ с большим внутренним диаметром.

### **6.2 К разделу 5 «Диафрагмы» ГОСТ 8.586.2-2005**

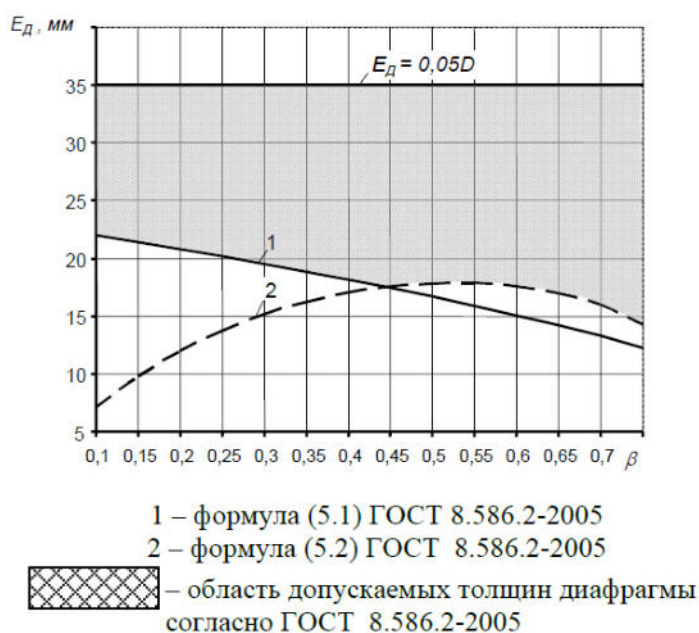
### 6.2.1 К пункту 5.1.2.3:

Под действием перепада давления диск диафрагмы может деформироваться, что приводит к дополнительной составляющей неопределенности коэффициента истечения. При этом независимо от направления деформации коэффициент истечения диафрагмы возрастает.

При расчете минимальной толщины диска диафрагмы необходимо обеспечить отсутствие ее пластических деформаций и ограничить ее упругие деформации в пределах, обеспечивающих пренебрежимо малую дополнительную составляющую неопределенности коэффициента истечения. Минимальную допускаемую толщину диафрагмы, обеспечивающую отсутствие пластических деформаций диска диафрагмы определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2-2005 (формула (5.1)).

Формула (5.1) ГОСТ 8.586.2-2005 учитывает требования практического руководства [10], согласно которому при расчетах минимальной толщины диска диафрагмы, необходимо использование отношения коэффициента запаса к пределу текучести материала диафрагмы, равный 3. Это обусловлено тем, что предел текучести материала зависит от многих факторов (например, таких как технологии изготовления, качества, обработки, структуры, температуры материала и т.д.) и для конкретного изделия имеет низкую точность определения.

Минимальная толщина диафрагмы, при которой упругая деформация диафрагмы, вызванная воздействием перепада давления, не превысит предела, и при котором дополнительная составляющая расширенной неопределенности коэффициента истечения не превышает 0,05 %, определяется в соответствии с ГОСТ 8.586.2-2005 (формула (5.2)).



**Рисунок 11 – Область допускаемых толщин диска диафрагмы при  $\Delta p = 160$  кПа**

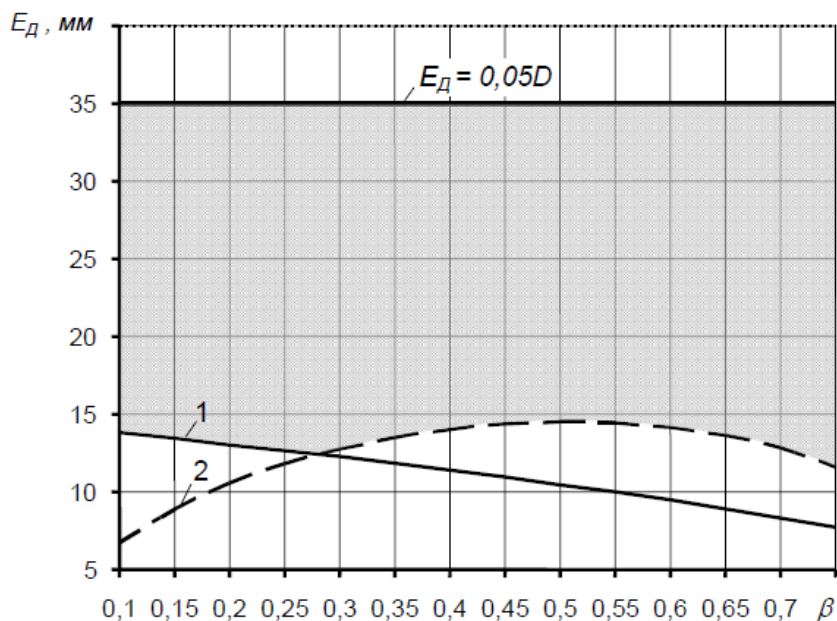


Рисунок 12 – Область допускаемых толщин диска диафрагмы при  $\Delta p = 63$  кПа

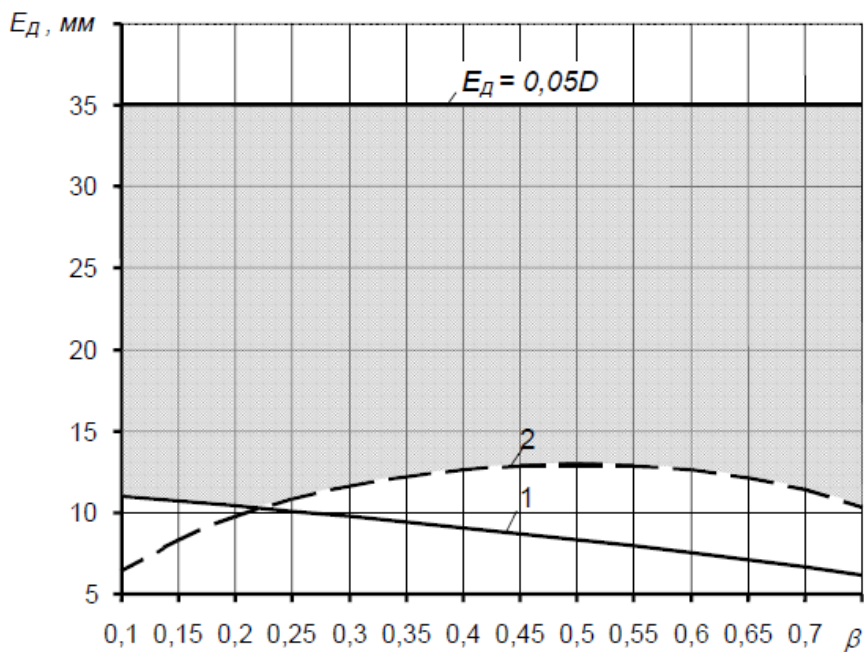


Рисунок 13 – Область допускаемых толщин диска диафрагмы при  $\Delta p = 40$  кПа

На рисунках 11 - 13 в качестве примера приведены расчеты минимальной допускаемой толщины диафрагмы для  $DN=700$ , в зависимости от перепада давления на СУ и значения  $\beta$ . При расчетах модуль упругости материала диафрагмы принят равным  $193 \cdot 10^9$  Па, а предел текучести – 300 МПа.

Дополнительная составляющая относительной расширенной неопределенности коэффициента истечения, вызванная упругой деформацией диска диафрагмы, толщина которой менее рассчитанной по ГОСТ 8.586.2-2005 (формула (5.2)), но не менее



$$E_D = D' \left[ \frac{\Delta p_{max}}{\sigma_T} (0,681 - 0,651\beta) \right]^{0,5} \quad (29)$$

может быть вычислена по формуле:

$$U'_E = \frac{\overline{\Delta p}}{E_y} \left( \frac{D'}{E_D} \right)^2 \left( a \frac{D'}{E_D} - b \right) \quad (30)$$

где  $a = \beta(13,5-15,5 \beta)$ ;

$b = 117-106 \beta^{1,3}$ ;

$\Delta p_{max}$  – максимальный перепад давления на сужающем устройстве;

$\beta$  - относительный диаметр отверстия сужающего устройства;

$\sigma_T$  - предел текучести материала диафрагмы при рабочей температуре;

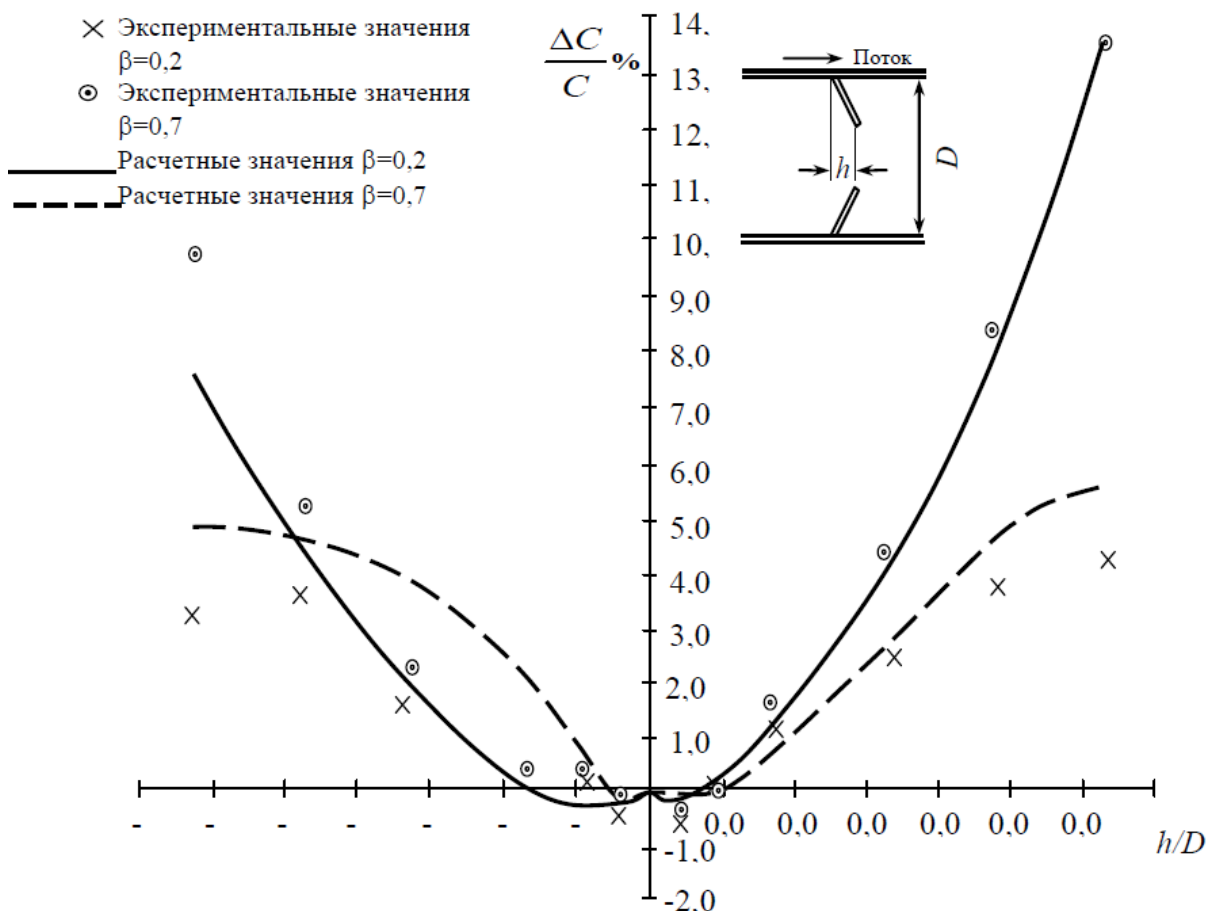
$\overline{\Delta p}$  – средний перепад давления на сужающем устройстве;

$E_D$  - толщина диафрагмы;

$E_y$  - модуль упругости материала диафрагмы;

$D'$  - внутренний диаметр опоры выходного торца диафрагмы в узле ее крепления, м.

Если в процессе эксплуатации диафрагмы обнаружена остаточная деформация диска, то с помощью графика на рисунке 14, по измеренным значениям  $h$  и  $D$ , можно оценить в соответствии с рекомендациями [6] отклонение коэффициента истечения от его стандартизованного значения.



**Рисунок 14 – Влияние остаточной деформации диафрагмы на коэффициент истечения**

Значение отклонения коэффициента истечения от его стандартизованного значения, определенное по графикам, приведенным на рисунке 14, может быть использовано только для оценки возможных причин снижения точности измерений и не должно применяться для корректировки показаний результатов измерений.

**6.2.2 К пункту 5.1.3.2:**

Рост шероховатости или наличие отложений на входной торцевой поверхности диафрагмы приводит к росту коэффициента истечения.

Рекомендуемое значение среднего арифметического отклонения профиля  $Ra \leq 1,25$ .

Одиночные царапины на торцевой поверхности диафрагмы, расположенные в радиальном направлении, не приводят к изменению коэффициента истечения.

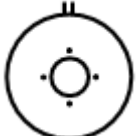
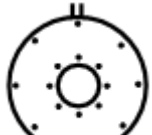
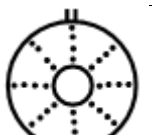
Царапины, расположенные поперек направления потока, оказывают существенное влияние на коэффициент истечения. Так, величина коэффициента истечения диафрагмы, установленной в ИТ с внутренним диаметром, равным 200 мм, при увеличении  $Ra$  от 1,25 до 4 (шероховатость, образованная концентрическими вырезами) может возрасти на 0,7%.

Если на поверхности входного торца диафрагмы имеются локально размещенные пятна (капли, куски) смазки, то существенное изменение коэффициента истечения наблюдается только при их расположении вблизи кромки отверстия диафрагмы. При этом ошибка измерений возрастает с увеличением загрязненной поверхности и уменьшением  $\beta$ .

В таблице 2 приведен пример [6] описывающий влияние загрязнений пятнами (каплями) смазки входной торцевой поверхности диафрагм на значение коэффициента истечения. В данном случае диафрагмы установлены в трубопровод с внутренним диаметром 100 мм, диаметр пятен равен 6,3 мм, а высота – 2,5 мм.

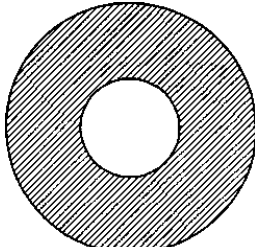
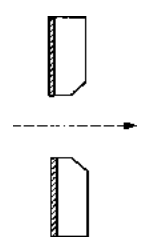
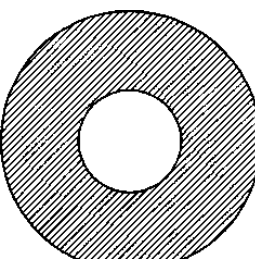
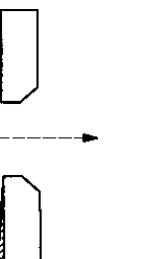
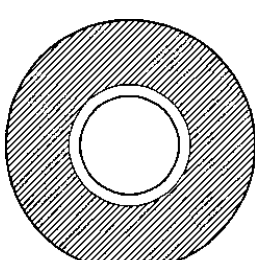
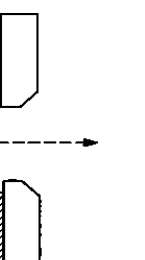
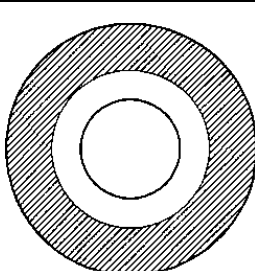
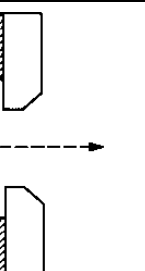
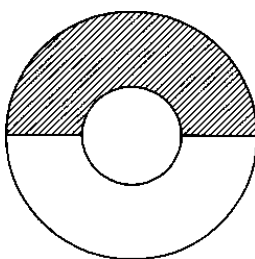
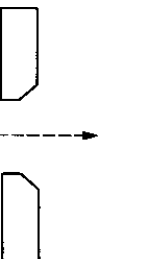
Отношение разности действительного и стандартизованного значений коэффициентов истечения к стандартизованному значению коэффициента истечения

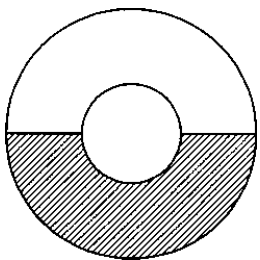
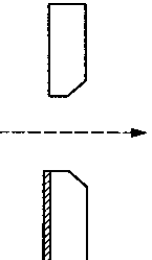
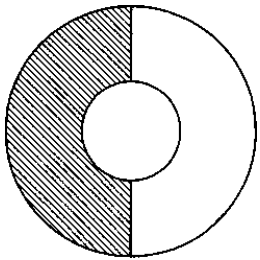
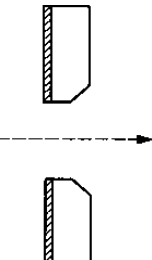
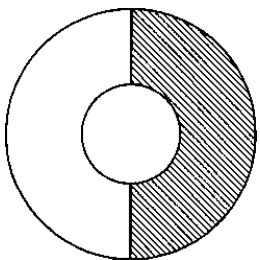
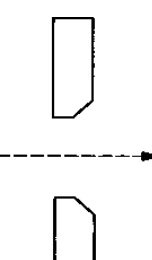
**Таблица 2 - Зависимость  $\Delta C/C$  от загрязнения входной торцевой поверхности диафрагм пятнами смазки**

| Положение пятен                                                                    | $\Delta C/C$ , % |             |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|
|                                                                                    | $\beta=0,2$      | $\beta=0,7$ |
|   | +1,0             | +0,1        |
|   | +2,8             | +1,3        |
|   | +2,1             | +1,2        |
|  | +2,6             | +0,6        |

В таблице 3 приведен пример [6] описывающий влияние загрязнения слоем смазки входной торцевой поверхности диафрагмы на значение коэффициента истечения. В данном случае диафрагма установлена в трубопровод с внутренним диаметром 300 мм,  $\beta = 0,6$ , слой смазки - 6 мм,  $Re \approx 107$ , отверстия для отбора перепада давления находились в горизонтальной плоскости.

**Таблица 3 – Зависимость  $\Delta C/C$  от загрязнения слоем смазки входной торцевой поверхности диафрагмы**

| Область загрязнения и ее профиль                                                    |                                                                                     | Характер загрязнения                                             | Максимальное $\Delta C/C$ , % | Стабилизированное $\Delta C/C$ , % | Толщина загрязнения, мм |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| поверхность загрязнения                                                             | профиль загрязнения                                                                 |                                                                  |                               |                                    |                         |
|    |    | равномерный слой по всей поверхности                             | 2,85<br>3,49<br>5,15          | 2,15<br>2,13<br>3,70               | 0,6<br>1,2<br>2,0       |
|    |    | слой по всей поверхности с уклоном к кромке диафрагмы            | 1,30                          | 1,00                               | от 1,2 до 0,0           |
|  |  | равномерный слой, очищен на расстоянии 10 мм от кромки диафрагмы | 1,00                          | 0,61                               | 1,2                     |
|  |  | равномерный слой, очищен на расстоянии 20 мм от кромки диафрагмы | 0,60                          | 0,50                               | 1,2                     |
|  |  |                                                                  | 1,70                          | —                                  | 1,2                     |

| Область загрязнения и ее профиль                                                   |                                                                                    | Характер загрязнения                                                                             | Максимальное $\Delta C/C$ , % | Стабилизированное $\Delta C/C$ , % | Толщина загрязнения, мм |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| поверхность загрязнения                                                            | профиль загрязнения                                                                |                                                                                                  |                               |                                    |                         |
|   |   | равномерный слой в нижней половине поверхности                                                   | 1,80                          | 1,30                               | 1,2                     |
|   |   | равномерный слой на половине поверхности со стороны отверстий для отбора давления                | 2,20                          | 0,85                               | 1,2                     |
|  |  | равномерный слой на половине поверхности с противоположной стороны отверстий для отбора давления | 3,70                          | 2,84                               | 1,2                     |

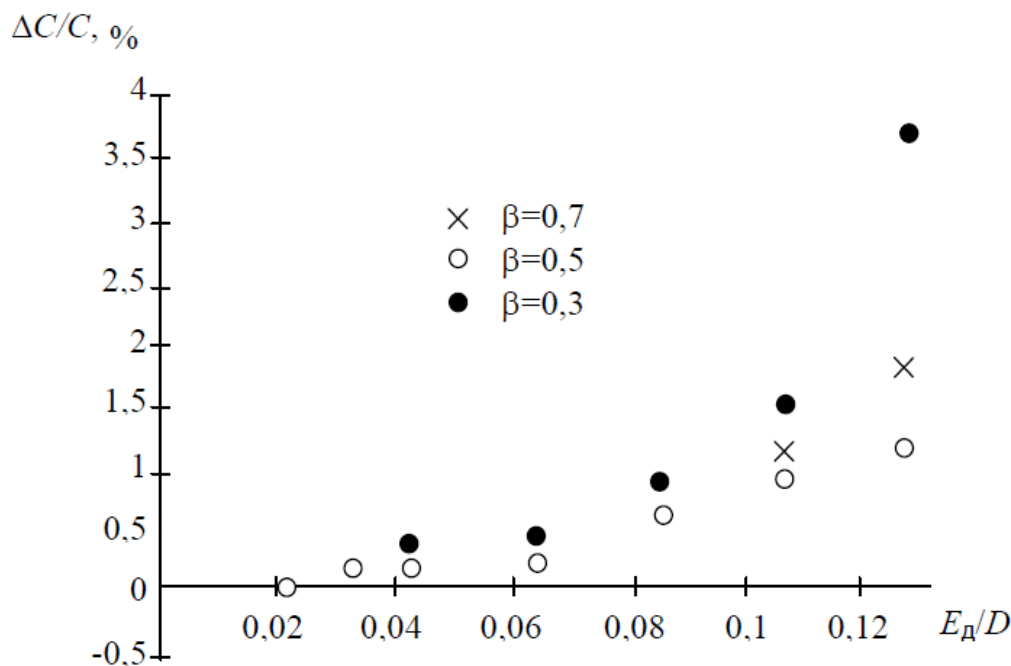
Согласно [7], тонкие жидкие масляные пленки на поверхности диафрагмы не оказывают влияние на значение коэффициента истечения диафрагм.

#### 6.2.3 К пункту 5.1.4.2:

Одиночные зарубины, царапины, капли и пятна смазки на торцевой выходной поверхности диафрагмы не приводят к изменению коэффициента истечения. Однако если площадь поврежденной поверхности значительна, то значение коэффициента истечения меняется, и приводит к отрицательной ошибке в измерении расхода.

#### 6.2.4 К пунктам 5.1.5.1 - 5.1.5.4:

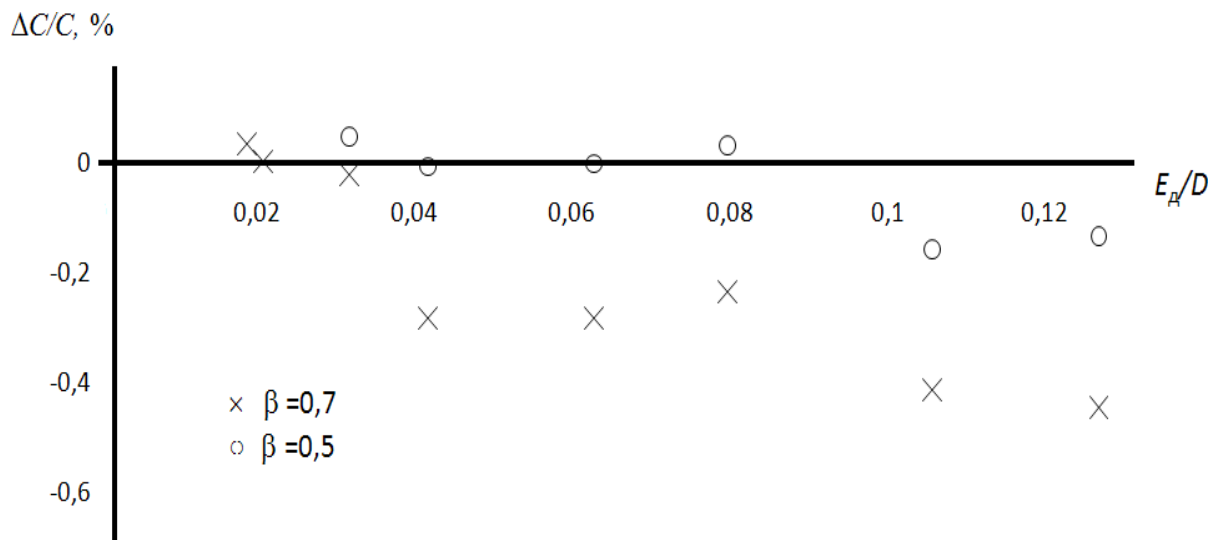
На рисунке 15 приведена зависимость коэффициента истечения от толщины диафрагмы, изготовленной без скоса со стороны ее выходного торца.



**Рисунок 15 – Влияние толщины диафрагмы, выполненной без выходной фаски, на коэффициент истечения**

Из данных, показанных на рисунке 15, видно, что коэффициент истечения диафрагм, изготовленных без скоса со стороны их выходного торца, при  $E_d > 0,02D$  возрастает.

На рисунке 16 приведена зависимость коэффициента истечения от толщины диафрагмы, изготовленной со скосом со стороны выходного ее торца.



**Рисунок 16 – Влияние толщины диафрагмы, выполненной с выходной фаской, на коэффициент истечения**

Из данных, показанных на рисунке 16, видно, что при наличии фаски на выходной кромке диафрагмы коэффициент истечения диафрагм при  $E_d \leq 0,05D$  находится в допустимых пределах.

Диафрагмы с толщиной  $E_d$  не менее  $0,02D$  могут иметь величину длины цилиндрической части отверстия диафрагмы  $e$  в пределах от  $0,005D$  до  $0,02D$ . Такие диафрагмы могут изготавливаться как с конической поверхностью со стороны выходного торца, так и без нее.

Если толщина диафрагмы более  $0,02D$ , то со стороны выходного торца диафрагмы необходимо наличие фаски.

#### 6.2.5 К пункту 5.1.7.2:

Острота входной кромки диафрагмы оценивается отношением среднеарифметического значения радиуса дуги окружности, вписанной в прямой угол между образующей отверстия диафрагмы и ее входной плоскостью, являющейся огибающей профиля кромки, к диаметру отверстия диафрагмы. Коэффициент истечения диафрагм возрастает с увеличением отношения  $r_k/d$ .

Для диафрагм необходимо соблюдение следующего условия [11]:

$$r_E/d < 0.0004 \quad (31)$$

Примечание - Как правило, вновь изготовленные диафрагмы имеют радиус кромки в пределах от  $0,02$  до  $0,06$  мм. Такие диафрагмы удовлетворяют условию (31) при  $d \geq 150$  мм. В процессе эксплуатации, под действием эрозии и абразивного действия потока величина  $r_k$  меняется. Влияние степени остроты входной кромки на величину коэффициента истечения учитывается посредством введения поправочного коэффициента.

При наличии информации о значениях  $r_n$ ,  $d$ , времени эксплуатации (наработки) диафрагмы, а также типе измеряемой среды поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы без измерения текущего радиуса ее закругления, можно рассчитать. Но данная процедура внесения поправки сложна и неудобна на практике. В связи с чем, согласно ГОСТ 8.586.2, значение поправки  $K_n$  в течение межповерочного интервала допускается принимать величиной постоянной и равной ее среднему значению.

Для расчета поправочного коэффициента  $K_n$ , а также контроля выполнения условия (31), необходимо определить начальный радиус закругления диафрагмы ( $r_n$ ). Согласно ГОСТ 8.586.2-2005 возможно два варианта решения этой задачи. Первый вариант основан на положении: если при внешнем осмотре невооруженным глазом отсутствует отражение луча от входной кромки диафрагмы, то  $r_n$  будет не более  $0,04$  мм. Таким образом, в случае выполнения указанного положения можно принять  $r_n = 0,04$  мм. При этом ошибка в определении  $r_n$  не превысит  $0,02$  мм. Второй вариант предусматривает непосредственное измерение  $r_n$  и является более точным, что сказывается на оценке неопределенности  $K_n$ .

Методы измерений радиуса входной кромки отверстия диафрагмы приведены в [10].

#### 6.2.6 К пункту 5.1.8.1:

С ростом значения относительного диаметра отверстия диафрагмы увеличивается неопределенность коэффициента истечения, ужесточаются требования к эксцентриситету установки СУ, шероховатости и длинам прямолинейных участков ИТ. При уменьшении относительного диаметра отверстия диафрагмы возрастают потери давления газа, а в случае, когда ИТ менее  $150$  мм, возрастает влияние степени остроты кромки на коэффициент истечения. В связи с этим рекомендуется, придерживаться значений относительного диаметра в пределах от  $0,2$  до  $0,6$ . Основанием к применению диафрагм с  $\beta > 0,6$  может служить обеспечение необходимой пропускной способности и/или недопустимость существенных потерь давления среды без реконструкции узла измерений.

#### 6.2.7 К пункту 5.1.8.2:

Относительная погрешность или относительная расширенная неопределенность результата измерения диаметра отверстия диафрагмы, обусловленная измерительным инструментом, не должна превышать 0,02%.

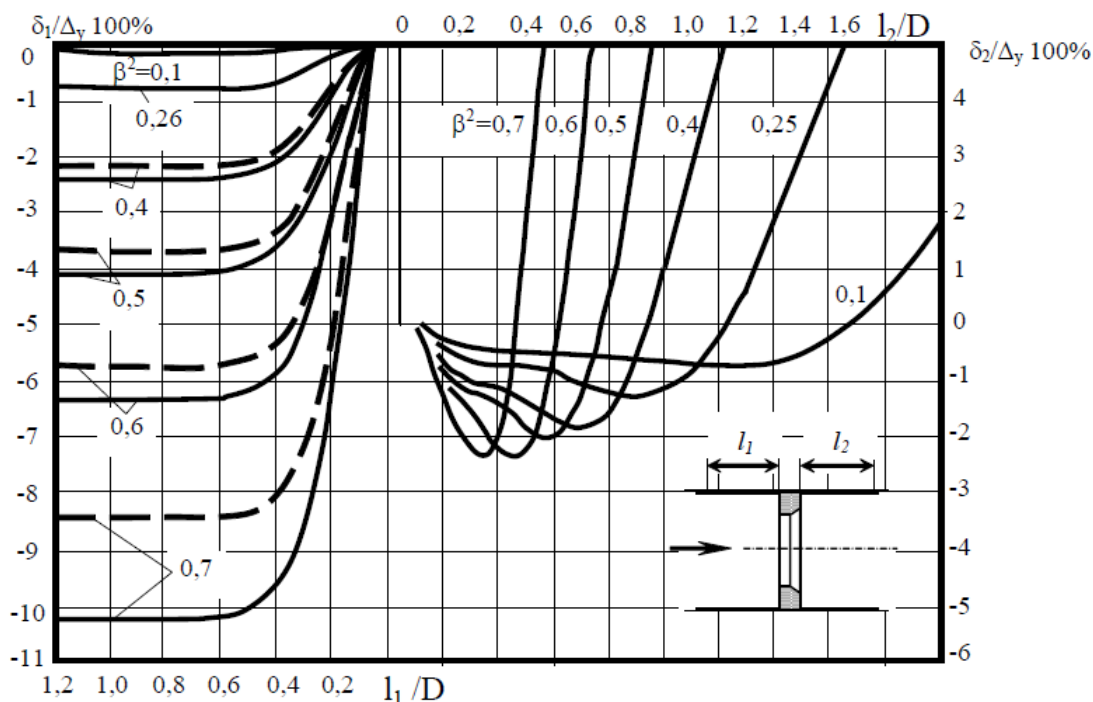
#### 6.2.8 К пункту 5.2.1:

На графиках (рис 17) [12] приведены кривые отражающие распределения давления до и после диафрагмы. На оси ординат графика отложены следующие параметры:

$$\frac{\delta_1}{\Delta_y} 100\% = \frac{p_1 - p_{l1}}{p_1 - p_2} 100\% \quad (32)$$

$$\frac{\delta_2}{\Delta_y} 100\% = \frac{p_1 - p_{l2}}{p_1 - p_2} 100\% \quad (33)$$

где  $p_1 - p_2$  — перепад давления на диафрагме при угловом методе отбора давления;  
 $p_{l1}$ ,  $p_{l2}$  — давление до и после диафрагмы на расстояниях  $l_1$  и  $l_2$ , соответственно.

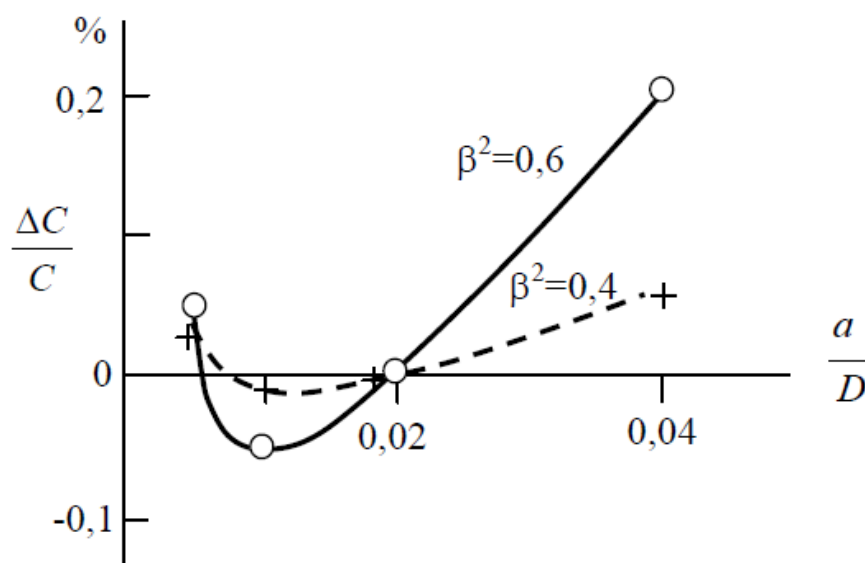


**Рисунок 17 – Распределение давления до и после диафрагмы для гладкой (—) и шероховатой (- -) внутренней поверхности ИТ**

Как видно из графиков на рисунке 17, наибольший градиент давления наблюдается вблизи торцевых поверхностей СУ. В связи с этим для углового способа отбора давления в ГОСТ 8.586.2 устанавливаются жесткие требования к внутреннему диаметру отверстий или ширине кольцевых щелей и пазов камер усреднения. Нарушение указанных требований могут привести к искажениям значения коэффициента истечения.

На рисунке 18 показано влияние внутреннего диаметра отверстий для отбора давлений на коэффициент истечения, при этом указанные отверстия выполнены одинаковыми до и после диафрагмы.





**Рисунок 18 – Влияние внутреннего диаметра отверстий ( $a$ ) для отбора давлений на коэффициент истечения**

Загрязнение отверстий для отбора давлений или наличие заусенцев на их кромках могут приводить к значительным ошибкам измерений перепада давления.

При измерении расхода загрязненных сред предпочтительно применение трехрадиусного или фланцевого отбора давления, так как в этом случае отверстия загрязняются значительно медленнее, чем при угловом отборе.

При угловом способе отбора давления отверстия расположены в застойной зоне, поэтому перепад давления, измеренный с помощью углового способа отбора, менее критичен к наличию заусенцев и форме отверстий, но более чувствителен к внутреннему диаметру отверстий или ширине кольцевых щелей и пазов камер усреднения.

Применение кольцевых камер, сообщающихся с внутренней полостью ИТ с помощью кольцевой щели или пазов, оси которых образуют равные углы между собой, обеспечивает осреднение давлений по периметру трубопровода. Таким образом, диафрагмы, оснащенные кольцевыми камерами, имеют меньшую чувствительность к асимметричным искажениям распределения скоростей потока и эксцентриситету установки диафрагмы.

При применении нескольких СИ перепада давления, при условии их подключения к отдельным отверстиям, или если на диафрагме используются несколько способов отбора давления, то для исключения взаимного влияния отборов давления при фланцевом и трехрадиусном способах отбора давления угол между осями нескольких отверстий с одной стороны диафрагмы должен быть не менее  $30^\circ$ .

6.2.9 К пункту 5.2.3.3: смотрите приложение В (раздел В.2).

6.2.10 К пункту 5.2.3.9:

Если объемы камер до и после СУ разные, то к отношению площади внутренней полости камер усреднения к общей площади щели, соединяющих эту камеру с полостью ИТ, рекомендуется соблюдение требований указанных в подпункте 5.2.3.6 ГОСТ 8.586.2-2005. Кроме этого рекомендуется обеспечение выполнения следующего дополнительного условия:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{S_1}{S_2} \quad (34)$$

где  $V_1, V_2$  - объемы камер усреднения до и после СУ;

$S_1, S_2$  - площади щели, соединяющие камеру усреднения с внутренней полостью ИТ до и после СУ.

6.2.11 К пункту 5.3.2.3: смотрите приложение В (раздел В.2).

6.2.12 К пункту 5.3.3.4:

Замена текущего значения радиуса входной кромки диафрагмы  $r_k$  на его усредненное значение  $r_k$  приводит к дополнительной составляющей неопределенности значения поправочного коэффициента  $K_p$ , которую рассчитывают по формуле:

$$U'_{K_{пд}} = 100 \left( \frac{K_{п}^*}{K_{п}} - 1 \right) \quad (35)$$

где  $K_{п}^*$  – поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.16) ГОСТ 8.586.2-2005.

$K_{п}$  – поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.13) ГОСТ 8.586.2-2005.

Значение  $U'_{K_{пд}}$  является переменной величиной, которая принимает нулевое значение в середине межконтрольного интервала радиуса входной кромки диафрагмы и имеет наибольшее значение в начале и конце этого интервала. С уменьшением внутреннего диаметра отверстия диафрагмы и увеличением межконтрольного интервала значение  $U'_{K_{пд}}$  возрастает.

### 6.3 К разделу 6 «Требования к установке» ГОСТ 8.586.2-2005

6.3.1 К пункту 6.1 «Общие положения»:

Степень влияния распределения скоростей потока в ИТ на коэффициент истечения диафрагм существенно зависит от значения  $\beta$  и незначительно - от способа отбора давления и числа  $Re$  (при отсутствии закрутки потока).

Необходимые минимальные длины прямых участков ИТ, указанные в настоящем разделе, приведены с учетом необходимого запаса, обеспечивающего их достаточность при любом числе  $Re$  и способе отбора давления.

6.3.2 К пункту 6.2.1:

Необходимые минимальные относительные длины прямолинейных участков ИТ приведены в таблице 4 ГОСТ 8.586.2-2005. Абсолютные значения этих длин рассчитываются по формуле:

$$l = L \cdot D_{20}^* \quad (36)$$

где  $D_{20}^*$  - внутренний диаметр участка ИТ;

$L$  - относительная длина участка ИТ.

Для промежуточных значений  $\beta$ , не указанных в таблице 4 ГОСТ 8.586.2-2005, минимальную длину прямолинейных участков ИТ рассчитывают путем интерполяции данных из ГОСТ 8.586.2-2005 по формуле:

$$L = \text{round} \left\{ \frac{L_1 - L_2}{\beta_1 - \beta_2} (\beta - \beta_2) + L_2 \right\} \quad (37)$$

где  $\beta_1$ ,  $L_1$  – ближайшее большее к величине  $\beta$  значение относительного диаметра диафрагмы и соответствующее ему значение относительной длины прямолинейного участка ИТ, указанное в таблице 4 ГОСТ 8.586.2-2005;

$\beta_2$ ,  $L_2$  – ближайшее меньшее к величине  $\beta$  значение относительного диаметра диафрагмы и соответствующее ему значение относительной длины прямолинейного участка ИТ, указанное в таблице 4 ГОСТ 8.586.2-2005;

*round* – функция округления результата вычислений до ближайшего целого числа. То есть если в результате расчета получено значение, кратное 0,5, то полученное значение округляют до целого большего числа.

Пример:

Абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между МС типа «Конфузор» и диафрагмой при  $\beta=0,55$  и  $D_{20}=0,302$ м может быть определена в следующей последовательности:

- в соответствии с данными таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для МС типа «Конфузор» принимают  $\beta_1=0,6$ ;  $\beta_2=0,5$ ;  $L_1=9$ ;  $L_2=8$ ;

- относительную длину прямолинейного участка ИТ для  $\beta=0,55$  рассчитывают по формуле (37):

$$L = \text{round} \left\{ \frac{9 - 8}{0,6 - 0,5} (0,55 - 0,5) + 8 \right\} = \text{round} (8,5) = 9$$

- абсолютную длину прямолинейного участка ИТ рассчитывают по формуле (36):

$$L = 9 \cdot 0,302 = 2,718 \text{ м.}$$

Если расчет необходимой минимальной длины прямолинейных участков ИТ выполняется по данным колонки Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005, то при отсутствии данных для  $\beta_2$  значение  $L_2$  допускается принимать равным значению, приведенному в колонке А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.

Пример:

Абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между МС типа «45° колено» и диафрагмой при  $\beta=0,22$  и  $D_{20}=0,1$ м может быть определена в следующей последовательности:

- в соответствии с данными колонки Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 при  $\beta_1=0,4$  для МС типа «45° колено» принимают  $L_1=9$ , при  $\beta_2=0,2$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005  $L_2=7$ ;

- относительную длину прямолинейного участка ИТ для  $\beta=0,55$  рассчитывают по формуле (37):

$$L = \text{round} \left\{ \frac{9 - 7}{0,4 - 0,2} (0,22 - 0,2) + 8 \right\} = \text{round} (7,1) = 7$$

- абсолютную длину прямолинейного участка ИТ рассчитывают по формуле (36):

$$L = 7 \cdot 0,1 = 0,7 \text{ м.}$$

Результаты расчета относительной длины прямолинейного участка ИТ после диафрагмы, вычисляемые по формуле (6.1) и с использованием данных колонки Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 округляются до значения, составляющего половину единицы последнего разряда целой части числа с учетом следующих правил округления:

$$\text{round}(A, B) = \begin{cases} A, 0 & \text{если } B < 0,25 \\ A, 5 & \text{если } 0,25 < B < 0,75 \\ A + 1 & \text{если } 0,75 < B \end{cases} \quad (38)$$

где  $A$  - целая часть числа;  
 $B$  - дробная часть числа.

МС, например, фильтры, регуляторы давления, грязевики и т.д., для которых отсутствуют экспериментальные данные по определению длин прямолинейных участков ИТ, объединены в отдельную группу под названием «МС неопределенного вида».

#### 6.3.3 К пункту 6.2.3:

Примеры влияния различных МС на коэффициент истечения диафрагм, установленных на ИТ с сокращенными прямолинейными участками, приведены в [6].

#### 6.3.4 К пункту 6.2.6:

Не полностью открытая запорная арматура, находящаяся на ИТ, должна классифицироваться как «МС неопределенного вида».

#### 6.3.5 К пункту 6.2.8:

При использовании коллекторных систем (ГОСТ 8.586.2-2005, подраздел А.5 приложения А) рекомендуется применение струевыпрямителя или УПП.

#### 6.3.6 К пункту 6.2.9:

Если МС расположены перед диафрагмой на расстоянии, превышающем указанное в колонке А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для «МС неопределенного вида», то данные МС не учитываются при определении длин прямых участков ИТ.

При проверке данного требования необходимо учитывать, что значение относительной длины прямолинейного участка ИТ при  $Re > 2 \cdot 10^6$  и  $\beta = 0,6$ , указанное в таблице 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для «МС неопределенного вида», образованного группой колен (ГОСТ 8.586.2-2005, подраздел А.1.4), меняется с 84 на 95.

Пример:

МС1, МС2 и МС3, как показано на схеме рисунка 19, расположены на расстоянии 50D, 89D и 96D от диафрагмы с  $\beta=0,61$ .

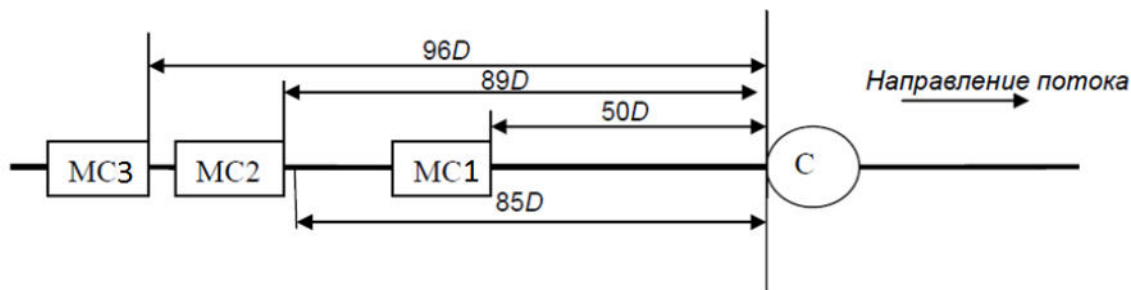


Рисунок 19 – Пример размещения МС на ИТ

если МС относятся к «МС неопределенного вида», они не образуются группой колен и при условии  $\beta=0,61$ , то в соответствии с ГОСТ 8.586.2-2005 (таблица 4) и формулой (37), МС должны располагаться от диафрагмы на расстоянии рассчитываемым следующим образом:

$$L = \text{round} \left\{ \frac{89-84}{0,67-0,6} (0,61 - 0,6) + 84 \right\} = 85 \text{ м.}$$

Если МС относятся к «МС неопределенного вида» (подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005) и при  $Re > 2 \cdot 10^6$ ,  $\beta=0,61$ , то в соответствии с таблицей 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и формулой (37), МС должен располагаться от диафрагмы на расстоянии рассчитываемым следующим образом:

$$L = \text{round} \left\{ \frac{89-95}{0,67-0,6} (0,61 - 0,6) + 95 \right\} = 94 \text{ м.}$$

Таким образом, в данном случае при определении длин прямолинейных участков ИТ не учитываются:

- МС, которые не являются «МС неопределенного вида» (подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), расположенные на расстоянии от диафрагмы, превышающем 85D (см. рисунок 17);

- МС, которые относятся к «МС неопределенного вида» (подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005) при  $Re > 2 \cdot 10^6$ , расположенные от диафрагмы на расстоянии, превышающем 94D.

Если все МС на рисунке 19 не являются «МС неопределенного вида» (подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), то с учетом того что МС2 и МС3 расположены от диафрагмы на расстоянии превышающем 85D, данные МС не рассматриваются при определении длин прямолинейных участков ИТ.

Если МС3 и МС2 на рисунке 19 относятся к «МС неопределенного вида» (подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005) и при этом  $Re > 2 \cdot 10^6$ , то с учетом того, что указанное на схеме МС3, расположено на расстоянии, превышающем 94D от диафрагмы, данное МС не учитывается при определении длин прямолинейных участков ИТ. МС2 расположено на расстоянии менее 94D от диафрагмы, поэтому данное МС учитывается при определении длин прямолинейных участков ИТ.

#### 6.3.7 К пункту 6.2.10:

В приложении Г приведены рекомендации по определению длин прямых участков ИТ и дополнительные примеры по применению требований подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005.

#### 6.3.8 К пункту 6.3.1:

При  $\beta \leq 0,67$  предпочтение рекомендуется отдавать трубчатым струевыпрямителям в виде связки труб из 19 трубок или дисковому УПП «Zanker», при  $\beta > 0,67$  – УПП «Gallagher».

Геометрические характеристики УПП и струевыпрямителей рассчитываются на основе значения, полученных в результате измерений внутреннего диаметра участка ИТ, расположенного перед СУ.

Условные внутренние диаметры участков ИТ до и после УПП или струевыпрямителя должны быть равными.

Секции ИТ по обе стороны УПП или струевыпрямителя должны соответствовать требованиям пункта 6.4.3 ГОСТ 8.586.2-2005.

#### 6.3.9 К пункту 6.3.2 «Трубчатый струевыпрямитель в виде связки из 19 трубок (1998)»:

Угол между осью ИТ и осью каждой трубки не должен превышать 2°.

6.3.10 К пункту 6.3.3 «Дисковое устройство подготовки потока «Zanker»»:  
Схема установки дискового УПП «Zanker» на ИТ приведена на рисунке 20.

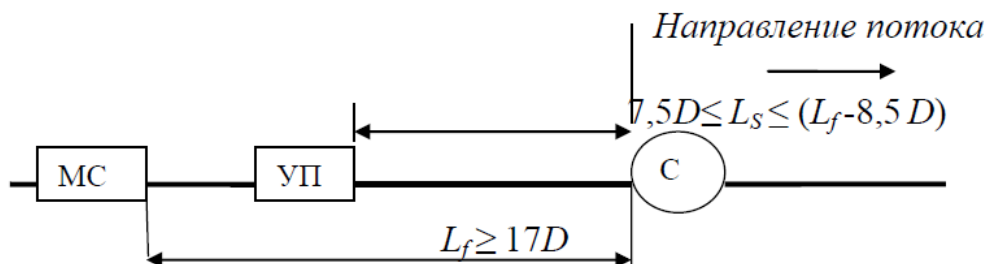


Рисунок 20 – Схема установки УПП «Zanker»

6.3.11 К пункту 6.4.1:

Для выполнения требований пункта 6.4.1 ГОСТ 8.586.2-2005 участок ИТ, расположенный непосредственно перед СУ, рекомендуется обрабатывать механически [10].

Участок ИТ длиной  $2D$ , расположенный до СУ, может изготавливаться из более толстых труб, с целью обеспечить необходимый внутренний диаметр данного участка после механической обработки. Для проверки требования, что на участке ИТ длиной  $2D$  перед СУ ни одно значение диаметра, измеренное в любой плоскости, не отличается более чем на 0,3 % от среднеарифметического диаметра, определенного в соответствии с требованиями пункта 6.4.2 ГОСТ 8.586.2-2005, помимо диаметров, измеренных в трех поперечных сечениях для определения значения  $D$ , необходимо дополнительно измерить диаметры, по крайней мере, двух различных поперечных сечений:

- на расстоянии  $0,5D$  и  $2D$  в случае диафрагм с трехрадиусным способом отбора давления;

- на расстоянии  $D$  и  $2D$  в случае диафрагм с угловым и фланцевым отбором давления.

Если между указанными сечениями имеется поперечный сварной шов, то дополнительно проводятся измерения в плоскости сварного шва.

В каждом сечении проводят измерения не менее чем в четырех диаметральных направлениях, расположенных под приблизительно одинаковым углом друг к другу.

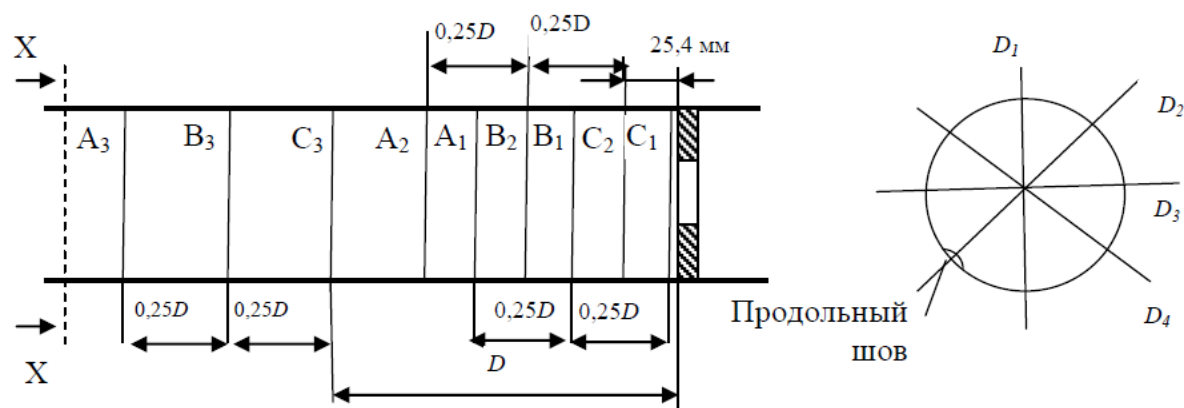
Если на участке ИТ имеется продольный шов, то одно из диаметральных направлений в каждом сечении должно проходить через него.

Для определения положения указанных сечений разрешается принять значение  $D$  равным номинальному внутреннему диаметру ИТ.

6.3.12 К пункту 6.4.2:

Относительная погрешность или относительная расширенная неопределенность результата измерения диаметра, обусловленная измерительным инструментом, не должна превышать 0,1%.

На рисунке 21 приведены поперечные сечения ИТ и диаметральных направления, в которых должны проводиться измерения.



$A_1, B_1, C_1$  – сечения для диафрагм с угловым способом отбора давления;  
 $A_2, B_2, C_2$  – сечения для диафрагм с фланцевым способом отбора давления;  
 $A_3, B_3, C_3$  – сечения для диафрагм с трехрадиусным способом отбора давления.

**Рисунок 21 - Поперечные сечения ИТ и диаметральные направления, в которых проводят измерения для определения  $D$**

Так как до начала измерений значение диаметра  $D$  неизвестно, то для определения положения сечений допускается применять значение условного диаметра ИТ.

Если между крайними сечениями имеется поперечный сварной шов, то сечения  $A_2, B_2$  и  $C_2$  должны быть в плоскости сварного шва.

Если на участке ИТ имеется продольный шов, то одно из диаметральных направлений в каждом сечении должно проходить через шов, как показано на рисунке 21.

При измерении диаметров температура воздуха фиксируется, при этом колебание температуры воздуха от его среднего значения за время измерений всех диаметров не должно превышать  $\pm 5$  °С. Расчет диаметра выполняется по формуле:

$$D = \frac{1}{12} \left( \sum_{i=1}^4 D_{iA_n} + \sum_{i=1}^4 D_{iB_n} + \sum_{i=1}^4 D_{iC_n} \right) \quad (39)$$

После проведения измерений и расчета  $D$  необходимо убедиться, что ни одно полученное значение диаметра не отличается более чем на 0,3 % от значения  $D$ .

### 6.3.13 К пункту 6.4.3:

Согласно ГОСТ 8.586.2-2005 изготовление ИТ из нескольких секций допускается за пределами участка длиной  $2D$ , расположенного непосредственно перед диафрагмой. В местах соединения секций ИТ, за счет смещения их осей и (или) различия значений внутренних диаметров, и (или) отклонения от круглости сечений ИТ, могут образовываться уступы, которые могут оказывать влияние на коэффициент истечения СУ. Результаты исследований по влиянию уступов на коэффициент истечения диафрагм приведены в [11] и [13].

Настоящий пункт устанавливает требования к разности значений диаметра ( $\Delta D$ ) и высоте уступа в месте соединения смежных секций ИТ, расположенных до диафрагмы на расстоянии, превышающем  $2D$ .

Примечание - Результаты исследований по влиянию уступов на коэффициент истечения диафрагм приведены в [11] и [13].

Для проверки соответствия монтажа секций ИТ соответствующим требованиям, необходимо измерить внутренний диаметр на обоих концах каждой секции ИТ и высоту уступа в месте их соединения, а также расстояние от места соединения секций ИТ до диафрагмы.

Разность значений диаметра рассчитывается по формуле:

$$\Delta D = \frac{1}{n} \left| \sum_{i=1}^n D_{1i} - \sum_{i=1}^n D_i \right| \quad (40)$$

где  $n$  – число диаметральных направлений (не менее четырех), в которых измеряется внутренний диаметр сечения секции ИТ;

$D_{1i}$  - результат измерений внутреннего диаметра в  $i$ -ом диаметральном направлении сечения секции ИТ, расположенной выше по потоку;

$D_i$  - результат измерений внутреннего диаметра в  $i$ -ом диаметральном направлении сечения секции ИТ, расположенной ниже по потоку.

Относительная погрешность или относительная расширенная неопределенность результата измерения диаметра, обусловленная измерительным инструментом, не должна превышать 0,1%.

Разность значений диаметра и высота уступа смежных секций ИТ при их соединении не должна превышать допустимых значений, установленных в пункте 6.4.3 ГОСТ 8.586.2-2005. При этом за значение диаметра  $D$ , указанное в пунктах 6.4.3, 6.4.4 и 6.4.5 ГОСТ 8.586.2-2005, принимают среднеарифметическое значение результатов измерений внутреннего диаметра входного сечения секции ИТ, расположенной ниже по потоку.

Определять высоту уступа между секциями ИТ рекомендуется путем применения внешних контрольных точек [10]. Контрольные точки могут находиться на выступающей части контрольной пластины или плоскости и должны выполняться парами вокруг соединения по одной точке на каждой стороне соединения. Число пар контрольных точек должно быть не менее четырех, выполненных равномерно по окружности соединения секций ИТ. Расстояние от стенки ИТ до контрольной точки должно быть измерено до того, как секции ИТ будут соединены. Для определения положения контрольной точки в пространстве на выступающей части плоскости следует удлинить плоскость с помощью скользящей контрольной пластины. После соединения секций ИТ следует измерить расстояние между двумя контрольными точками каждой пары с помощью микрометра. Если соединение является самоцентрирующимся, то использование внешних контрольных точек не требуется.

При использовании на участке ИТ длиной  $10D$  отдельных секций ИТ, с целью исключения нарушений требований к соединению этих секций, рекомендуется выполнять расточку внутреннего диаметра данного участка за один проход режущего инструмента.

При применении соединительных колец или прокладок, внутренний диаметр которых отличается от внутреннего диаметра ИТ, то при измерении расхода возможно возникновение ошибок. Величина и знак ошибки зависят от величины относительного отверстия СУ, толщины и внутреннего диаметра колец или прокладок, их расположения относительно СУ.

Наибольшее влияние на коэффициент истечения оказывают соединительные кольца или прокладки, расположенные до СУ. При применении соединительных колец или прокладок, внутренний диаметр которых меньше внутреннего диаметра трубопровода, то возможно возникновение существенных ошибок при измерении расхода. Рекомендуется



тщательно следить за тем, чтобы при монтаже секций ИТ прокладки не выступали внутрь трубы.

Наличие паза, образованного между секциями ИТ одинакового диаметра, ширина которого не более  $0,03D$ , независимо от его глубины, не оказывает влияния на точность измерения расхода среды.

6.3.14 К пункту 6.4.5:

На ИТ не допускается наличие более одного уступа, для которого значение  $\Delta D/D$  выходит за пределы, указанные в пункте 6.4.3 ГОСТ 8.586.2-2005, но удовлетворяет требованиям пункта 6.4.4 ГОСТ 8.586.2-2005.

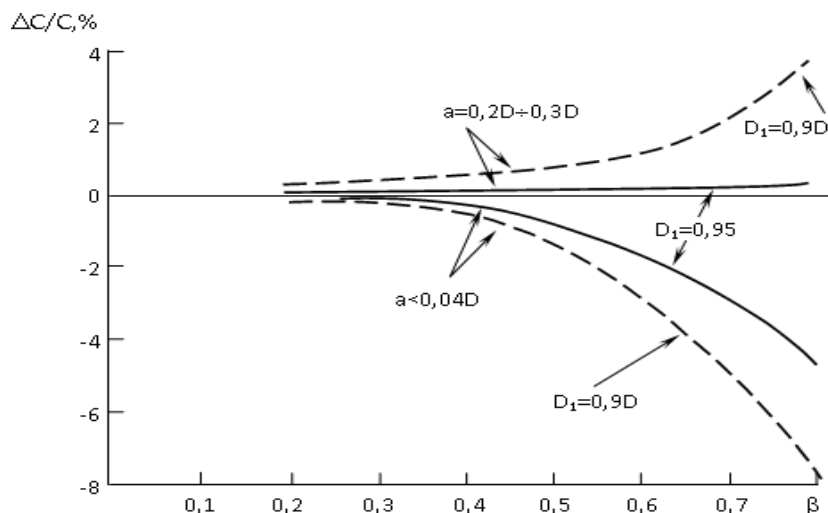
6.3.15 К пункту 6.5.3:

Эксцентриситет установки СУ определяется расстоянием между осями трубопровода и СУ. Степень влияния эксцентриситета установки СУ на коэффициент истечения зависит от  $\beta$ , способа отбора давления, положения центра СУ относительно точек отбора перепада давления. Влияние эксцентриситета установки СУ для фланцевого и трехрадиусного способов отбора давления на коэффициент истечения описано в [6]. С увеличением  $\beta$  возрастает влияние эксцентриситета на коэффициент истечения диафрагм (например, для  $\beta=0,2$  при эксцентриситете  $0,05D$  коэффициент истечения увеличивается на 0,1 %, а для  $\beta=0,77$  при эксцентриситете  $0,02D$  коэффициент истечения может увеличиться на 1,2 %). Наибольшее изменение коэффициента истечения происходит в случае смещения центра диафрагмы в направлении точки отбора давления или от нее. Для диафрагм с угловыми отдельными отверстиями для отбора давления результаты исследований аналогичны.

Усреднение давления по периметру трубопровода с помощью камер усреднения для отбора давления или использование схемы подключения ППД, приведенной в ГОСТ 8.586.1-2005 (рисунок 1), значительно уменьшает влияние эксцентриситета установки диафрагмы. Установлено, что для  $\beta=0,77$  при эксцентриситете  $0,02D$  усреднение давления через четыре отверстия, расположенных равномерно по периметру стенки трубопровода, приводит к снижению эффекта эксцентриситета от 1,2 % до 0,35 %.

6.3.16 К пункту 6.5.4:

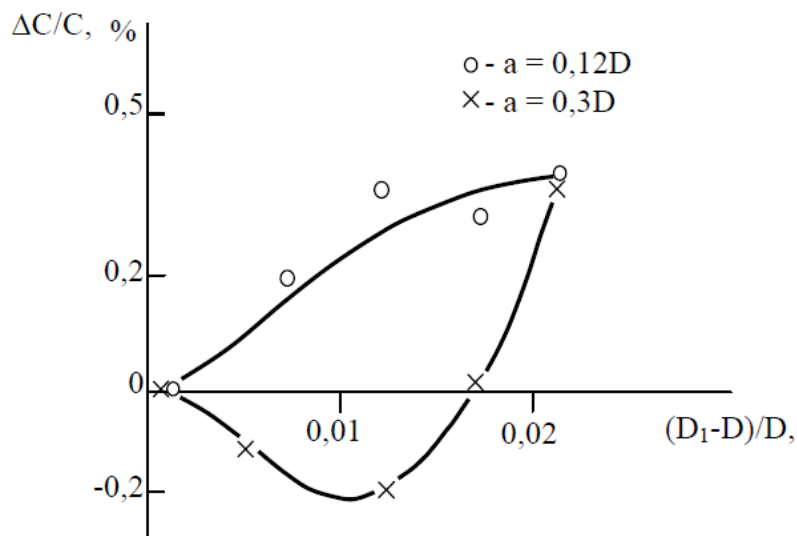
На рисунке 22 показано влияние внутреннего диаметра корпуса кольцевых камер на коэффициент истечения диафрагм для случая, когда внутренний диаметр корпуса кольцевой камеры меньше внутреннего диаметра ИТ. Из приведенных данных видно, что применение камер, внутренний диаметр которых меньше внутреннего диаметра трубопровода, приводит к существенным отклонениям коэффициента истечения, которые увеличиваются с ростом  $\beta$ .



$D$  – внутренний диаметр трубопровода;  
 $D_1$  – внутренний диаметр корпуса кольцевой камеры;  
 $a$  – длина кольцевой камеры.

**Рисунок 22 – Влияние внутреннего диаметра корпуса кольцевых камер на коэффициент истечения диафрагм**

На рисунке 23 представлены значения дополнительных погрешностей коэффициента истечения диафрагм с  $\beta=0,775$  в случае применения камер с внутренним диаметром, превышающим диаметр трубопровода и при длинах камеры  $0,12D$  и  $0,3D$ . Согласно [6] для диафрагм с  $\beta$ , равными  $0,74$  и  $0,63$ , размещенных в кольцевой камере, длина которой -  $0,05D$ , а внутренний диаметр превышал на  $11\%$  внутренний диаметр ИТ, при  $\beta=0,74$  значение коэффициента истечения увеличилось на  $0,5\%$ , а при  $\beta=0,63$  коэффициент истечения не изменялся. Из приведенных данных следует, что применение камер с внутренним диаметром, превышающим внутренний диаметр трубопровода, оказывает на коэффициент истечения СУ незначительное влияние.



**Рисунок 23 – Значения дополнительных погрешностей коэффициента истечения диафрагмы при применении камер с внутренним диаметром, превышающим диаметр ИТ**

6.3.17 К пункту 6.6.3:

При применении прокладок толщиной не более  $0,03D$ , и при этом они не выступают внутрь ИТ, то такие соединения даже при наличии кольцевого паза не приводят к погрешности измерений расхода среды.

#### 6.4 К Приложению А «Классификация видов местных сопротивлений» ГОСТ 8.586.2-2005

6.4.1 К пункту А.1 «Одиночное колено и группа колен»: смотрите приложение В (раздел В.2).

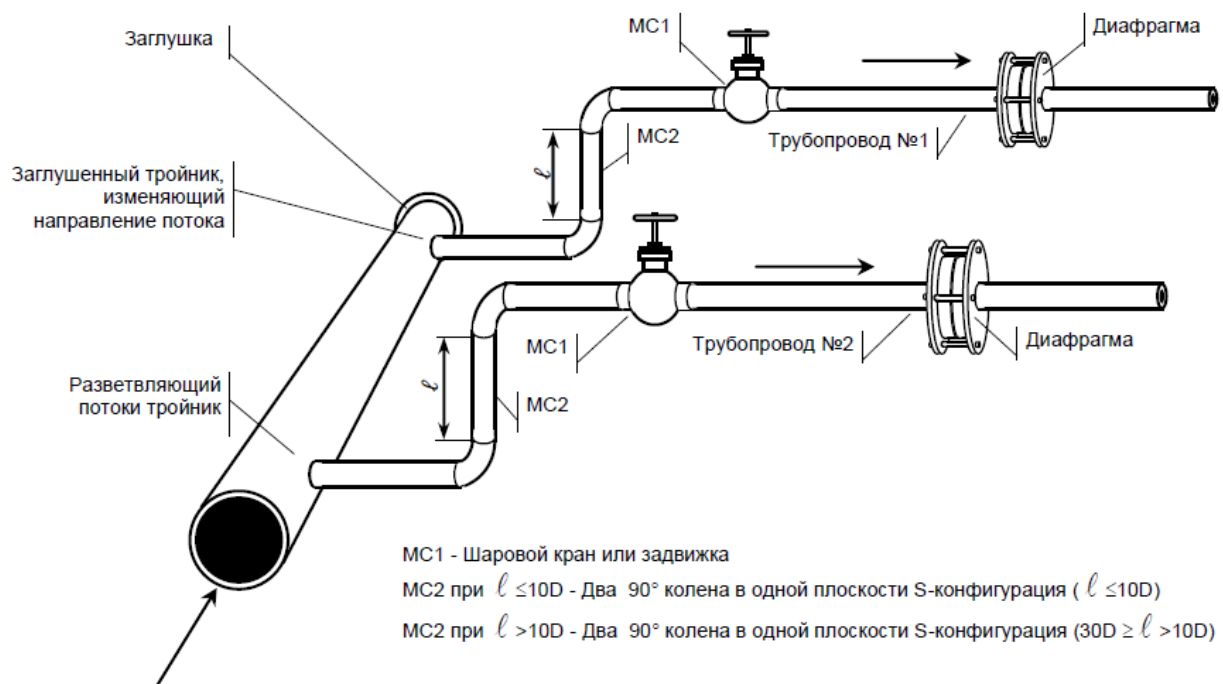
6.4.2 К пункту А.5 «Коллектор»:

Выполнение условий, приведенных в данном подразделе, позволяют исключить существенную разность в значениях расхода газа по ИТ.

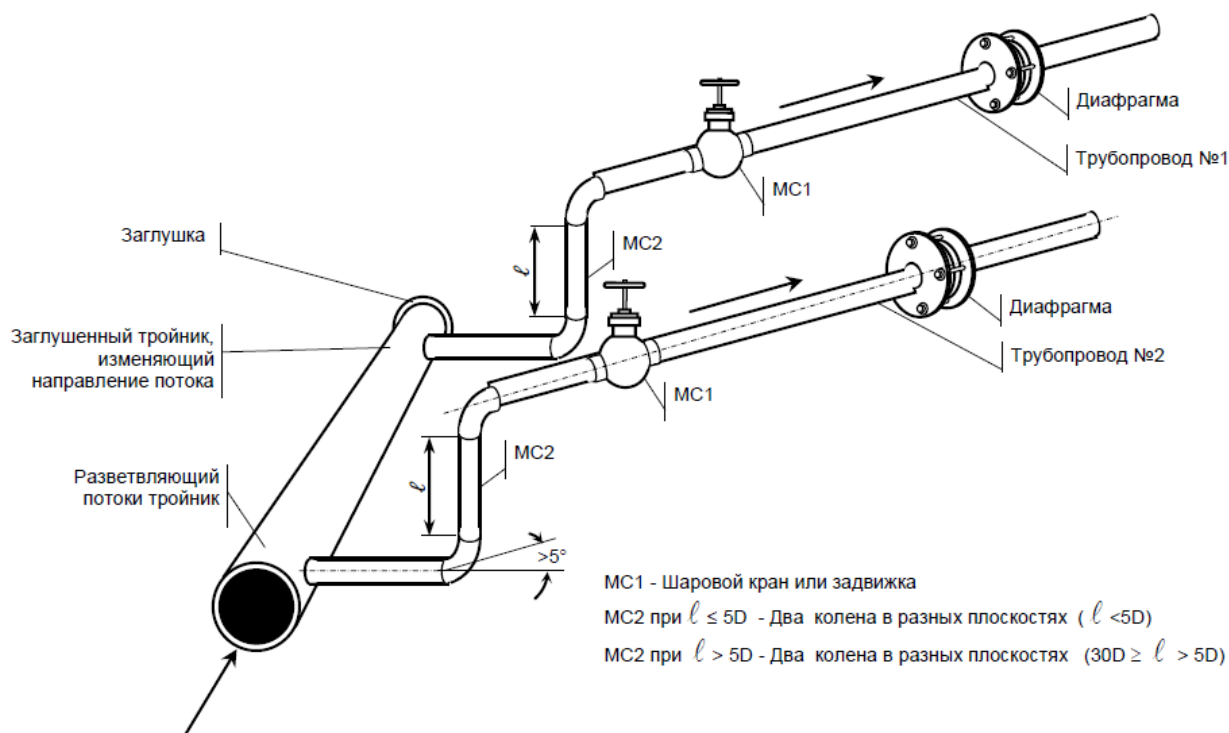
Распределение потока по ИТ с учетом выбранной конфигурации коллектора и его параметров можно получить на основании гидравлических расчетов.

Для коллекторных схем, конфигурация которых приведена на рисунке 6 ГОСТ 8.586.2-2005, классификация МС выполняется с учетом требований пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005 (перечисление (в)).

Для коллекторных систем, изображенных на рисунках 24 и 25, классификацию МС выполняется с учетом требований раздела А.7 приложения А ГОСТ 8.586.2-2005, а именно в соответствии подразделом А.1.2 согласно которому группы колен ) с тройником в одно МС не объединяют.



**Рисунок 24 – Схема коллектора (оси ИТ перпендикулярны оси распределительного коллектора)**



**Рисунок 25 – Схема коллектора (оси ИТ не перпендикулярны оси распределительного коллектора)**

6.4.3 К пункту А.7: смотрите приложение В (раздел В.2).

## **7 Рекомендации по применению ГОСТ 8.586.5-2005**

### **7.1 К разделу 1 «Область применения» ГОСТ 8.586.5-2005**

Методика измерений расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартизованных СУ, изложенная в ГОСТ 8.586.5-2005, имеет широкую область применения, допускает большое многообразие вариантов компоновки измерительных систем и условий их применения. В связи с этим в ГОСТ 8.586.5-2005 не устанавливаются общие нормы точности измерений расхода и количества жидкостей и газов.

ГОСТ 8.586.5-2005 содержит описание методик расчета неопределенности результатов измерений расхода и количества жидкостей и газов для каждой конкретной реализации методики измерений.

Расчеты неопределенности результатов измерений должны выполняться в соответствии с требованиями раздела 10 ГОСТ 8.586.5-2005.

### **7.2 К разделу 4 «Условия проведения измерений» ГОСТ 8.586.5-2005**

#### **7.2.1 К пункту 4.3:**

С целью расширения диапазона измерений перепада давления и уменьшения неопределенности результатов измерений допускается применения нескольких (не более трех) ППД.

#### 7.2.2 К пункту 4.4:

При выборе совокупности СИ параметров потока и среды следует руководствоваться требованиями к точности измерений, условиям измерений и эксплуатации СИ и минимизации затрат на измерения.

Выбор совокупности СИ параметров потока и среды проводится в следующей последовательности:

а) определяется совокупность СИ, которые могут быть применены в заданных условиях, с прогнозируемой удовлетворительной точностью измерений;

Примечание – вклады неопределенности СИ в неопределенность результатов измерений расхода среды должны быть примерно одинаковы, в противном случае затраты на дорогие высокоточные СИ могут оказаться неоправданно высокими.

б) рассчитывается неопределенность результатов измерений расхода среды в соответствии с требованиями раздела 10 ГОСТ 8.586.5-2005.

Примечание – Расчет неопределенности результатов измерений расхода среды проводят при значениях основных параметров потока и среды, дающих наибольшую погрешность.

Если неопределенность результатов измерений расхода среды превышает допускаемый предел, то необходимо выбрать более точные СИ, с учетом вклада каждого СИ в неопределенность результатов измерений расхода среды. Предел допустимой неопределенности результатов измерений расхода среды устанавливается на стадии разработки технических требований к узлу измерений с учетом требований нормативных правовых актов.

Если неопределенность результатов измерений расхода среды значительно меньше допустимой неопределенности результатов измерений, то использование выбранных СИ может оказаться нерациональным по экономическим соображениям. В этом случае, если сумма затрат на приобретение и обслуживание менее точных СИ существенно меньше суммы затрат на более точные СИ, то целесообразно выбрать менее точные СИ.

Рекомендации по оценке оптимальности требований к точности измерений приведены в [14], [15].

в) расчет прекращают, когда совокупность СИ удовлетворяет метрологическим и экономическим требованиям пользователя.

### 7.3 К разделу 5 «Метод измерений» ГОСТ 8.586.5-2005

Перечень теплофизических параметров газа, которые используются в уравнениях для вычисления расхода и количества газа, а также методы их определения приведены в таблице 4.

**Таблица 4 – Перечень и методы определения теплофизических параметров природного газа**

| Наименование параметра                  | Цель определения параметра                   | Метод определения параметра                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Коэффициент сжимаемости газа            | Выполнение расчетов по уравнениям расхода    | Расчет по значениям $p, T$ и полному компонентному составу (см. пункт 4.1.3, ГОСТ 30319.3) или по значениям $\rho_c, x_a$ и $x_y$ (см. пункты 4.1 и 4.2, ГОСТ 30319.2)        |
| Плотность газа при стандартных условиях | Выполнение расчетов по уравнениям расхода    | Применение потоковых плотномеров или пикнометрического метода (ГОСТ 17310). Расчет по измеренному полному компонентному составу газа (см. пункты 4.1.1 и 4.1.2, ГОСТ 30319.3) |
| Показатель адиабаты газа                | Расчет коэффициента расширения $\varepsilon$ | Расчет по значениям $p, T$ и полному компонентному составу (см. пункт 4.2, ГОСТ 30319.3) или по значениям $\rho_c, x_a$ и $x_y$ (пункт 5 ГОСТ 30319.2)                        |
| Вязкость газа                           | Расчет числа Re                              | Расчет по значениям $p, T$ и полному компонентному составу (см. пункт 4.3, ГОСТ 30319.3) или по значениям $\rho_c, x_a$ и $x_y$ (см. пункт 7, ГОСТ 30319.2)                   |

Примечание - Расчет плотности, коэффициента и фактора сжимаемости природного газа может быть выполнен в соответствии с требованиями [16]. Если состав смеси углеводородосодержащих газов (например, нефтяной попутный газ, сухой отбензиненный газ) отличается от состава природных газов, например меньшим содержанием метана, повышенным содержанием этана, пропана, бутанов, пентанов и более тяжелых предельных углеводородов, то рекомендуется расчет плотности, коэффициента и фактора сжимаемости данных сред проводить в соответствии с методиками, изложенными в [17], [18] и [19].

#### 7.4 К разделу 6 «Средства измерений и требования к их монтажу» ГОСТ 8.586.5-2005

##### 7.4.1 К пункту 6.1 «Общие положения»:

Для измерения расхода и количества природного газа и контроля условий применения метода измерений необходима информация о параметрах состояния и физико-химических показателях природного газа, перечень которых представлен в таблице 5.

Физико-химические показатели газа, используемые для расчета расхода и объема газа, определяют по показаниям потоковых газовых хроматографов или по результатам анализов проб в аккредитованных (аттестованных) химико-аналитических лабораториях.

Для определения плотности газа при стандартных и рабочих условиях могут быть использованы потоковые плотноммеры.

**Таблица 5 – Перечень параметров состояния и физико- химических показателей газа, подлежащих определению в зависимости от применяемого уравнения расхода**

| Уравнение расхода                  | Перечень измеряемых параметров                                                                           |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Формула (5.4)<br>ГОСТ 8.586.5-2005 | $\Delta p, p, T, \rho_c, x_a$ и $x_y$ или $\Delta p, p, T$ , полный компонентный состав газа             |
| Формула (5.8)<br>ГОСТ 8.586.5-2005 | $\Delta p, p, T, \rho, \rho_c, x_a$ и $x_y$ или $\Delta p, p, T, \rho$ , полный компонентный состав газа |

Примечание - При применении потоковых плотномеров газа при стандартных и рабочих условиях высокая точность определения состава газа не требуется, так как в данном случае состав газа используется для расчета вязкости и показателя адиабаты газа, неопределенность определения которых вносит незначительный вклад в неопределенность результата расчета расхода газа.

Выбор типа СИ осуществляют с учетом требуемой точности измерений, необходимой периодичности измерений, характеристик среды, реализуемой системы сбора данных, включая вычислительное устройство, схемы монтажа и расположения СИ.

СИ должны устанавливаться таким образом, чтобы избежать передачи механического напряжения через крепления или через подсоединение к импульсным трубам.

СИ не должны подвергаться механической вибрации в пределах, установленных в спецификациях производителя.

СИ рекомендуется устанавливать в местах, где обеспечивается поддержание температуры окружающей среды в пределах, обеспечивающих воспроизведение их нормируемых метрологических характеристик.

С целью снижения неопределенности результатов измерений рекомендуется применение СИ с цифровыми протоколами связи.

#### 7.4.2 К пункту 6.2.1 «Измерение перепада давления на сужающем устройстве»:

Расчет максимального и минимального значений перепада давления на СУ по заданному диапазону расхода среды выполняют в соответствии с требованиями подразделом В.4 ГОСТ 8.586.1-2005.

Если измерение перепада давления требуется выполнять в широком диапазоне, то выбор необходимого количества дополнительных ППД и их верхнего предела измерений рекомендуется проводить с учетом требований к максимально допустимой погрешности измерений расхода среды. Данная задача, как правило, выполняется с помощью программных средств. При ручных расчетах может быть применена следующая процедура:

а) из стандартного ряда чисел выбирают число, равное максимальному значению перепада давления на СУ или ближайшее меньшее к нему, которое принимают за верхний предел ППД ( $\Delta p_v$ ) (ГОСТ 18140);

б) по заданному значению допустимой погрешности измерений расхода среды ( $\delta_q$ ) определяют допустимую погрешность измерения перепада давления:

$$\delta_{\Delta p} = 2(\delta_q^2 - \delta^2)^2 \quad (41)$$

где  $\delta$  - погрешность измерения расхода среды без учета составляющей, обусловленной погрешностью измерений перепада давления;

$\delta_q^2$  - относительная погрешность величины  $q$ ;

в) определяют нижнюю границу рабочего диапазона ППД, при котором погрешность измерения перепада давления не превысит  $\delta_{\Delta p}$ . Если нормирована приведенная погрешность ППД, то нижнюю границу его рабочего диапазона определяют по следующим формулам:

для ППД с линейной функцией преобразования

$$\Delta p_{H1} = \Delta p_B \gamma_o / \delta_{\Delta p} \quad (42)$$

где  $\Delta p_B$  - перепад давления на сужающем устройстве

$\gamma_o$  – предел допускаемой приведенной погрешности ППД;

$\delta_{\Delta p}$  - относительная погрешность величины  $\Delta p$ ;

для ППД с квадратичной функцией преобразования

$$\Delta p_{H1} = 4 \Delta p_B \left( \frac{\gamma_o}{\delta_{\Delta p}} \right)^2 \quad (43)$$

где  $\Delta p_B$  - перепад давления на сужающем устройстве

$\gamma_o$  – предел допускаемой приведенной погрешности ППД;

$\delta$  - относительная погрешность величины  $\Delta p$ ;

г) если значение  $\Delta p_{H1}$  не превышает минимального значения перепада давления на СУ, то для измерения перепада давления достаточно одного ППД. Если  $\Delta p_{H1}$  превышает нижнее значение предела изменений перепада давления, то необходимо применение дополнительного ППД.

д) верхний предел дополнительного ППД выбирают из стандартного ряда чисел (ГОСТ 18140). Число, равное или ближайшее меньшее к  $\Delta p_{H1}$ , из этого ряда чисел принимают за верхний предел перепада давления дополнительного ППД;

е) определяют нижнюю границу рабочего диапазона дополнительного ППД, при котором погрешность измерения перепада давления не превысит  $\delta_{\Delta p}$ . Применяя вместо характеристик основного ППД характеристики дополнительного (см. перечисление в), рассчитывают нижнюю границу рабочего диапазона дополнительного ППД.

Если нижняя граница рабочего диапазона дополнительного ППД не превышает минимального значения перепада давления на СУ, то для измерения перепада давления достаточно двух ППД.

Если  $\Delta p_{H1}$  превышает нижнее значение перепада давления, то необходимо применение второго дополнительного ППД.

Выбор верхнего предела измерений второго дополнительного ППД, определение его рабочего диапазона и проверка условия, что нижняя граница рабочего диапазона второго дополнительного ППД не превышает нижнее значение перепада давления, проводят по аналогичной процедуре, изложенной выше для первого дополнительного ППД.

Применение более двух дополнительных ППД не рекомендуется.

При эксплуатации ППД необходимо учитывать, что данные СИ чувствительны к изменениям, как статического давления, так и температуры окружающей среды.

Для узлов учета высокого давления рекомендуется использовать преобразователи перепада давления, прошедшие поверку при статическом давлении.

При этом статическое давление должно быть равным среднему рабочему давлению газа с допускаемым отклонением:



$$\pm 0,05 \Delta p \left( \frac{\delta_o \Delta p_o}{p_o} + \frac{\delta_{ш} \Delta p_{ш}}{p_{ш}} \right) \quad (44)$$

где  $\Delta p$  – средний перепад давления при выполнении измерений;

$\delta_o$  – дополнительная погрешность СИ, обусловленная смещением нуля при изменении статического давления на величину  $p_o$ ;

$\delta_{ш}$  – дополнительная погрешность СИ, обусловленная влиянием давления среды на диапазон измерений ППД при изменении статического давления на величину  $p_{ш}$ ;

$\Delta p_o$ ,  $\Delta p_{ш}$  – перепад давления, относительно которого в технической документации указывается дополнительная погрешность (предел измерений, показания СИ или диапазон шкалы).

Если поверка ППД проводилась при атмосферном давлении в его минусовой камере, то рекомендуется установку нуля производить при статическом давлении. Использование такой процедуры позволяет устранить влияние погрешности, связанной с «уходом нуля» при статическом давлении.

ППД рекомендуется выбирать с верхним пределом измерений не более 63 кПа. Основанием к применению ППД с верхним пределом измерений свыше 63 кПа может быть необходимость увеличения пропускной способности узла измерений без его реконструкции.

Согласно [20] при уменьшении значения перепада давления газа на СУ снижается абсолютное значение среднеквадратического отклонения амплитуды пульсаций перепада давления, вызванных турбулентными и динамическими флуктуациями потока, но возрастает относительное значение среднеквадратического отклонения амплитуды пульсаций. В связи с этим применять ППД с верхним пределом измерений менее 2,5 кПа не рекомендуется.

#### 7.4.3 К пункту 6.2.2 «Разъединительные краны»:

При проведении измерений разъединительные (присоединительные) краны ППД должны быть полностью открыты. При этом рекомендуется применение тех типов кранов, в проточной части которых исключается скапливание газа или жидкости, приводящее к ложному перепаду давления. В связи с этим предпочтительно размещение кранов на вертикальных участках соединительных трубок или участках, имеющих большой уклон относительно горизонта. Рекомендуется по возможности обеспечивать равенство внутренних диаметров соединительных трубок и кранов.

#### 7.4.4 К пункту 6.2.9 «Соединительные трубки (линии)»:

При передаче давления от СУ к ППД необходимо исключить возможные источники погрешности измерений перепада давления. Наиболее характерными причинами искажений показаний ППД являются:

- наличие конденсата в соединительных трубках (для газа);
- наличие газовых пробок в соединительных трубках (для жидкости);
- инерционность показаний из-за применения длинных трубок, большого объема газосборных или отстойных камер и существенного уменьшения проходного сечения соединительных трубок;
- негерметичность соединительных линий.

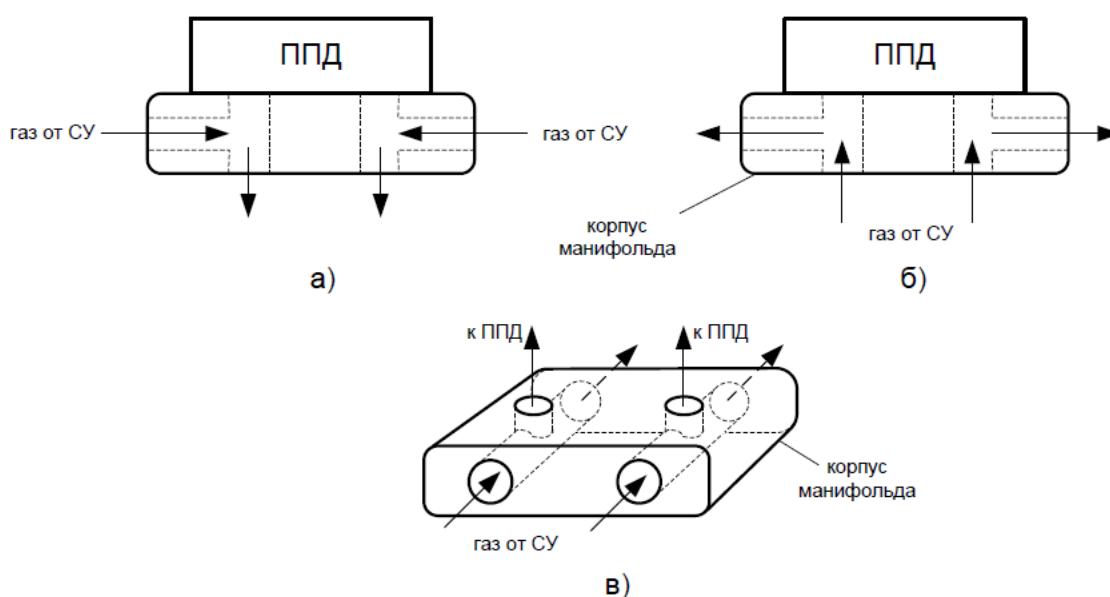
Одиночные капли жидкости или пузырьки газа вызывают ложный перепад давления только в случае, если они полностью заполняют проходное сечение трубки. В связи с этим не следует использовать трубки с внутренним диаметром менее 6 мм. Рекомендуемое значение внутреннего диаметра импульсных трубок - 10 мм.

Запаздывание в передаче импульса в соединительных трубках возрастает с увеличением длины трубок, числа и вида установленных на них МС (вентилей, уравнительных и разделительных сосудов и т.п.). С целью уменьшения нелинейности демпфирования сигнала при использовании длинных трубок рекомендуется увеличивать их внутренний диаметр (см. таблица 4 ГОСТ 8.563.2-2005). Однако во всех случаях следует стремиться к возможному уменьшению длины трубок, так как увеличение объема соединительных трубок приводит к демпфированию сигнала. При измерении пульсирующих потоков следует обеспечивать равенство сопротивлений плюсовой и минусовой трубок ППД, а также применять полностью открытые прямоточные краны.

7.4.5 К пункту 6.2.10 «Запорная арматура измерительного преобразователя перепада давления или дифманометра»:

Для монтажа ППД рекомендуется применение трехвентильных или пятивентильных блоков (манифольд). Вентильные блоки обеспечивают подключение ППД к импульсным линиям, позволяют осуществлять продувку импульсных трубок, обнулять перепад давления в условиях статического или атмосферного давления. Пятивентильные блоки, дополнительно, обеспечивают возможность подключения калибратора, с целью метрологического контроля ППД.

При применении вентильных блоков рекомендуется отдавать предпочтение тем типам, в которых при продувке импульсных трубок газ движется в корпусе манифольда в направлении, указанном на схеме рисунка 26 (варианты а и в).



а) допускаемый; б) не рекомендуемый; в) рекомендуемый

**Рисунок 26 – Варианты продувки импульсных трубок через манифольд**

7.4.6 К пункту 6.2.11 «Измерение давления среды»:

Абсолютное давление газа необходимо для выполнения расчетов физических свойств измеряемой среды - плотности, коэффициента сжимаемости, вязкости и показателя адиабаты, а также в случае измерения газа - контроля выполнения условия пункт.6.3.3 ГОСТ 8.586.5-2005.

Абсолютное давление должно быть измерено перед СУ. Отбор давления осуществляют в сечении ИТ, в котором осуществляется отбор давления для измерения

перепада давления. При угловом методе измерения перепада давления, в случае применения кольцевых камер, отверстие для отбора давления размещают на плюсовой камере. Независимо от метода измерения перепада давления допускается присоединение ПД к плюсовой импульсной трубке ППД.

Абсолютное давление может быть измерено с помощью СИ абсолютного давления или рассчитано по результатам измерений атмосферного и избыточного давления по формуле (6.2) ГОСТ 8.586.5-2005.

При этом необходимо учитывать, что при малых значениях избыточного давления составляющая погрешность от измерения атмосферного давления становится существенной в общей погрешности определения абсолютного давления. Вместо измеренного атмосферного давления обычно к измеренному избыточному давлению прибавляют принятое условно постоянным значение атмосферного давления. Однако когда колебания атмосферного давления приводят к изменению расхода на 0,1 %, СИ избыточного давления рекомендуется заменить на СИ абсолютного давления.

Если измерение абсолютного давления выполняют с помощью СИ атмосферного и избыточного давления, то рекомендуется соблюдение требования, согласно которому абсолютная погрешность СИ атмосферного давления удовлетворяет следующее условие:

$$\Delta p_a \leq 0,005 p_n \gamma_{p_n} \quad (45)$$

где  $p_n$  - избыточное давление среды

$\gamma$  - предел основной допускаемой приведенной погрешности СИ избыточного давления, %.

Абсолютное и избыточное давление измеряют с учетом разности высот установки СУ и СИ давления. Однако корректировка показаний ПД имеет значение только при измерении расхода газа или пара в случае применения конденсационных сосудов. Так, например, при расположении ПД ниже СУ, показания ПД будут завышены на величину давления, создаваемого столбом жидкости в импульсной линии. Действительное значение давления должно рассчитываться по формуле:

$$p = p_n - H \rho g \quad (46)$$

где  $p_n$  – показание манометра, Па;

$H$  – разница высот установки СУ и ПД, м;

$\rho$  – плотность конденсата в импульсной линии, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Необходимо отметить, что погрешность измерения давления существенно влияет на погрешность измерения расхода и количества газа. Так, например, при погрешности измерений давления, равной  $\pm 1\%$ , составляющая погрешности расхода от погрешности измерения давления будет равна  $\pm 0,5\%$ .

При монтаже ПД рекомендуется применение двухвентильных блоков, которые обеспечивают подключение ПД к импульсным линиям, блокировку и сброс давления в импульсных линиях, подсоединение эталонных СИ для контроля метрологических характеристик ПД.

Геометрические характеристики соединительных линий (трубок) ПД и их монтаж должны соответствовать требованиям пункта 6.2.9 ГОСТ 8.586.5-2005.

При эксплуатации ПД необходимо учитывать, что данные СИ чувствительны к изменениям, как статического давления, так и температуры окружающей среды.

#### 7.4.7 К пункту 6.3 «Средства измерений температуры»:

Температура измеряемой среды необходима для определения ее плотности, коэффициента сжимаемости и вязкости, а также расчета диаметра отверстия СУ и внутреннего диаметра ИТ при рабочей температуре. Если измеряемая среда - газ, то температуры среды используется и для расчета показателя адиабаты.

В зависимости от определяемых параметров и методов их расчета, температура может измеряться как в °С, так и в К.

Пересчет температуры, измеренной в °С, в К, осуществляется по формуле (6.3) ГОСТ 8.586.5-2005.

Для расчета физических свойств среды необходима информация о температуре потока перед СУ в сечении ИТ, предназначенном для отбора перепада давления. Размещение ПТ в этом сечении ИТ привело бы к искажению распределения скоростей потока и, следовательно, к изменению коэффициента истечения.

В связи с отсутствием равенства температуры по длине ИТ, удаление точки измерения температуры от СУ неизбежно приводит к дополнительной погрешности измерений. Как правило, дополнительная погрешность пренебрежимо мала при малой разнице температуры измеряемой среды и окружающего воздуха, больших скоростях газа, отсутствии конденсата на поверхности ИТ, малом расстоянии ПТ от СУ, а также, если приняты меры для защиты ИТ от воздействия ветра и атмосферных осадков.

При выборе точки измерения температуры следует учитывать необходимость исключения влияния гильзы термометра на структуру потока перед СУ и обеспечения малой разности температуры в сечении для отбора давления и сечении, выбранном для ее измерения. Соблюдение этих требований возможно путем правильного выбора расстояния от СУ до точки измерения температуры. Это расстояние зависит от наружного диаметра гильзы, применяемой для установки ПТ в ИТ, или от наружного диаметра ПТ, если он установлен в ИТ без гильзы.

Приведенные в подразделе 6.3 ГОСТ 8.586.5-2005 требования по установке ПТ гарантируют измерение температуры с приемлемой для практики неопределенностью.

С целью снижения методической неопределенности измерений температуры, обусловленной теплообменом излучением, рекомендуется применять термоприемники с гладкой блестящей поверхностью.

Влияние процессов теплообмена (излучение, отвод или подвод тепла по термоприемнику) может быть сведено к минимуму, если наряду с общей тепловой изоляцией ИТ имеется также изоляция бобышки, в которой закреплен ПТ.

С уменьшением скорости газа температура наружной стенки ИТ и, следовательно, температура ПТ или защитной гильзы (при ее наличии) в месте ее соединения со стенкой ИТ приближается к температуре атмосферного воздуха. В связи с этим при увеличении разности температур воздуха и газа, возрастает неопределенность измерения температуры. Данный эффект возрастает с увеличением ветра и уменьшением внутреннего диаметра ИТ и давления газа.

С целью повышения точности измерения температуры газа при скоростях менее 0,1 м/с в ИТ с внутренним диаметром менее 0,1 м и давлении менее 0,3 МПа, в месте соединения ПТ или защитной гильзы (при ее наличии) с бобышкой размещают теплоизоляционную прокладку. При этом необходимо теплоизолировать выступающую часть ПТ.

Если температура среды является непостоянной, то точность измерений зависит от интенсивности передачи тепла от среды на термочувствительный элемент. Для снижения задержки (времени) реакции следует принять следующие меры:

- стенка гильзы должна обладать умеренно высокой теплопроводностью, а поверхность стенки, соприкасающаяся со средой, должна всегда быть чистой;
- термочувствительный элемент термометра должен иметь малый размер, малую массу и низкую теплоемкость.

При выборе СИ температуры следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- диапазон измерений СИ должен быть минимально достаточным;
- конструктивное исполнение ПТ (защищенность от внешних воздействий, наружный диаметр и длина его монтажной части) должны соответствовать установленным методикой измерений требованиям к измерению температуры газа;
- тип компенсационного кабеля для подключения ПТ к вторичному прибору и схему подключения (двух-, трех- или четырехпроводную) для подключения термометра сопротивления выбирают с учетом условий эксплуатации и места размещения нормирующего и вторичного преобразователя.

При выборе вторичного прибора следует учитывать номинальную статическую характеристику применяемого ПТ.

Для измерения температуры рекомендуется применять термопреобразователи сопротивления, номинальное значение сопротивления которых при 0 °С не менее 100 Ом. Рекомендуемое значение номинального значения сопротивления при 0 °С - 500 Ом.

Способ соединения термопреобразователя сопротивления и вторичного преобразователя по 4-х проводной линии связи (с двумя токовыми и двумя потенциальными проводниками) наиболее предпочтителен, поскольку принципиально независим от сопротивления проводников и, естественно, от его изменения в условиях эксплуатации.

Для расчета снижения температуры в результате расширения среды при прохождении через СУ необходимо знать коэффициент Джоуля-Томсона. Данный коэффициент является функцией температуры, давления и состава газа. Расчет может быть выполнен с помощью уравнения состояния.

При условии, что в молярном составе природного газа содержание метана составляет более 80%, температура находится в диапазоне от 0°С до 100°С, а статическое давление находится в диапазоне от 100 кПа до 20 МПа, коэффициент Джоуля-Томсона может быть рассчитан в соответствии с рекомендациями [10] по формуле:

$$\mu_{JT} = 3,5 - 0,0142t + (2,31 - 0,0294t + 0,000136t^2) \times (0,998 + 0,0041p - 0,01115p^2 + 0,0003p^3) \quad (47)$$

где  $\mu_{JT}$  - коэффициент Джоуля-Томсона, К/ МПа;

$t$  - температура газа, °С;

$p$  - абсолютное статическое давление среды, МПа.

Абсолютная расширенная неопределенность расчета коэффициента Джоуля-Томсона по формуле (5.59) определяется по формулам:  
при  $p \leq 7$  МПа

$$U = 0,66 \left( 1 - \frac{t}{200} \right) \quad (48)$$

при  $p > 7$  МПа

$$U = 0,66 \left(1 - \frac{t}{200}\right) \left[1 - \frac{(290 - t)}{4} \left(\frac{1}{70} - \frac{1}{p}\right)\right] \quad (49)$$

где  $t$  - температура газа, °С;  
 $p$  - давление среды, Па;

#### 7.4.8 К пункту 6.4.1 «Определение плотности среды при рабочих условиях»:

При установке плотногомера необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

- значения давления и температуры газа в чувствительном элементе плотногомера должны быть как можно ближе к их значениям в сечении ИТ, расположенном непосредственно перед СУ;
- проба среды должна быть чистой, не содержать частиц и быть однофазной;
- температура окружающего воздуха, солнечная радиация или ветер не должны оказывать существенное влияние на чувствительный элемент плотногомера;
- поток газа, проходящий через чувствительный элемент плотногомера, должен быть достаточным для обеспечения реакции на изменения состава, давления и температуры.

Пробоотборный зонд плотногомера может быть установлен непосредственно в ИТ, либо в байпасной линии для отбора проб.

Другой метод установки предполагает отвод среды через чувствительный элемент плотногомера, смонтированного в гильзе, расположенной в ИТ. В этом случае рекомендуется, чтобы точка отбора пробы высокого давления располагалась на расстоянии не менее  $8D$  после СУ. Точка возврата пробы низкого давления должна находиться непосредственно за выходным торцом диафрагмы. В этом случае пересчет показаний плотногомера в соответствии с [10] осуществляют по формуле:

$$\rho_1 = \frac{\rho_m p_1 T_3 Z_{(p_2, T_3)}}{p_2 T_1 Z_{(p_1, T_1)}} \quad (50)$$

где  $\rho_1$  - плотность до первичного устройства (при  $p_1, T_1$ );

$\rho_m$  - показание плотногомера;

$p_1$  - давление газа до СУ;

$p_2$  - давление газа в точке отбора пробы после СУ;

$T_1$  - температура газа до СУ;

$T_3$  - измеренная температура в точке ее восстановления после СУ;

$Z_{(p_1, T_1)}$  - фактор сжимаемости газа при  $p_1, T_1$ ;

$Z_{(p_2, T_3)}$  - фактор сжимаемости газа при  $p_2, T_3$ .

Ниже перечислены преимущества и недостатки установок обоих типов.

Преимущества установки плотногомера непосредственно в ИТ:

- в точке измерения температура и давление всегда соответствуют температуре и давлению среды;

- данный метод подходит для ИТ как малого, так и большого диаметра;

- метод менее чувствителен к наличию конденсата в газе.

Недостатки зонда, вставляемого непосредственно в трубопровод:

- при демонтаже и монтаже зонда требуется отключение ИТ;

- может быть оказано воздействие на основной поток, что приведет к изменению коэффициента истечения СУ.

Преимущества установки плотногомера в байпасной линии:

- простота и удобство фильтрации или очистки фильтра, находящегося в байпасной линии, если это необходимо;

- возможность регулировки расхода для приведения его в соответствие требованиям эксплуатации плотногомера;
  - удобный доступ для технического обслуживания и проверки (испытаний).
- Недостатки установки плотногомера в байпасной линии:
- большая тепловая масса может привести к длительному времени реакции на изменения температуры;
  - при отсутствии теплоизоляции, как байпасной линии, так и самого датчика, температура и давление в плотномере могут существенно отличаться от температуры и давления среды в ИТ;
  - в гильзе возможно наличие конденсата, что может отразиться на точности показаний плотности.

#### 7.4.8 К пункту 6.4.2 «Определение плотности газа при стандартных условиях»:

С целью исключения попадания конденсата и механических примесей в камеры потоковых плотномеров при их подключении к ИТ, в соединительных линиях необходимо использование фильтров и отстойных камер.

#### 7.4.9 К пункту 6.4.3 «Определение компонентного состава»:

Измерение компонентного состава должно осуществляться с применением аттестованных методик измерений.

При определении места отбора проб руководствуются требованиями ГОСТ 31370 и ГОСТ 8.586.5-2005 (подпункт 6.4.2.2) и следующими дополнительными рекомендациями:

- ПЗ располагают на участках трубопровода перед входным коллектором или после выходного коллектора узла измерений, также допускается располагать ПЗ в ИТ;
- при монтаже ПЗ устанавливают в верхней части горизонтального участка трубопровода, конец ПЗ располагают на расстоянии  $1/3$  диаметра трубопровода от стенки;
- при установке ПЗ на участках трубопровода перед входным коллектором или после выходного коллектора рекомендуется, чтобы расстояние между ПЗ и ближайшим МС, расположенным выше по потоку, было не менее 20 внутренних диаметров трубопровода;
- расстояния между ПЗ и любым ближайшим МС должны быть не менее  $2DN$  при размещении ПЗ перед МС, и  $5DN$  - при размещении ПЗ после МС.

Компонентный состав природного газа определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 31371.7.

#### 7.4.10 К пункту 6.5 «Вычислительные устройства»:

При выборе вычислительных устройств предпочтение следует отдавать тем типам, у которых погрешность или неопределенность результатов измерений и расчетов нормирована с учетом погрешности или неопределенности СИ параметров потока и среды.

### 7.5 К разделу 7 «Подготовка к измерениям» ГОСТ 8.586.5-2005

При положительных результатах проверки, все СИ и технические средства вводят в рабочий режим эксплуатации.

Во избежание деформации диска диафрагмы, необходимо обеспечить плавную подачу газа в ИТ.

Соединительные линии должны быть подвергнуты проверке на герметичность. Контроль герметичности проводится по результатам падения давления в соединительных линиях. Результаты испытания соединительных линий на герметичность считаются

положительными, если падение давления в них не превышает значений, указанных в таблице 6.

**Таблица 6 - Скорость падения давления в соединительной линии**

| Скорость падения давления, %/ч, для рабочих сред: |                                    |                        |
|---------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| газы и сжиженные газы<br>(токсичные горючие)      | газы и сжиженные газы<br>(горючие) | воздух и инертные газы |
| 0,05                                              | 0,1                                | 0,2                    |

Указанные в таблице 6 нормы относятся к соединительным линиям с условным проходом 50 мм. При испытании соединительных линий с другими условными проходами норма падения давления в них определяется произведением приведенных в таблице 6 значений падения давления на коэффициент, рассчитанный по формуле:

$$K = \frac{50}{DN} \quad (51)$$

где  $DN$  — условный проход соединительной линии, мм.

Указанные нормы установлены на основе требований СН РК 4.02-03 и СП РК 4.02-103 к безопасности эксплуатации систем автоматизации и обеспечивают отсутствие влияния утечек газа на показания СИ давления и перепада давления с большим запасом.

Абсолютная погрешность измерений давления или перепада давления, обусловленная наличием утечки газа в соединительной линии, может быть рассчитана по следующим формулам:

$$\Delta_{p(\Delta p)} = 0,5 \left( \lambda \frac{l}{D} + \sum_i \xi_i \right) \quad (52)$$

$$\bar{w} = 1,53 \times 10^{-4} \frac{VM}{\tau T D^2} (p_1 - p_2) \quad (53)$$

где  $\lambda$  - коэффициент гидравлического трения внутренней поверхности соединительной линии, рассчитываемый в соответствии с [8];

$\xi_i$  - коэффициент гидравлического сопротивления  $i$ -ого МС, установленного на соединительной линии между ИТ и местом утечки, рассчитываемый в соответствии с [8];

$l$  - длина соединительной линии от ИТ до места утечки;

$D$  - внутренний диаметр соединительной линии;

$T$  - температура газа;

$M$  - молярная масса газа, кг/кмоль;

$V$  - внутренний объем участка соединительной линии, на котором контролируется падение давления, м<sup>3</sup>;

$p_1$  - давление газа в соединительной линии до начала испытаний, Па;

$p_2$  - давление газа в соединительной линии по истечении времени  $\tau$ , Па;

$\tau$  - время между измерениями давлений  $p_1$  и  $p_2$ , с.



Абсолютная погрешность измерений перепада давления, обусловленная наличием утечки газа через уравнильный кран, может быть рассчитана по формулам:

$$\Delta_{\Delta p} = 0,5 \left( \lambda \frac{l}{D} + \sum_i \xi_{+i} + \sum_i \xi_{-i} \right) \rho \bar{w}^2 \quad (54)$$

$$\bar{w} = 1,53 \times 10^{-4} \frac{MV_1V_2}{\tau TD^2(V_1 + V_2)} (p_1 - p_2) \quad (55)$$

где  $\xi_{+i}$  - коэффициент гидравлического сопротивления  $i$ -ого МС, установленного на плюсовой соединительной линии, рассчитываемый в соответствии с [8];

$\xi_{-i}$  - коэффициент гидравлического сопротивления  $i$ -ого МС, установленного на минусовой соединительной линии, рассчитываемый в соответствии с [8];

$l$  - сумма длин плюсовой и минусовой соединительной линии от ИТ до уравнильного крана;

$V_1, V_2$  - внутренний объем плюсовой и минусовой соединительной линии, соответственно, м<sup>3</sup>;

$\Delta p_1$  - перепад давления газа до начала испытаний, Па;

$\Delta p_2$  - перепад давления газа по истечении времени  $\tau$ , Па;

$\tau$  - время между измерениями перепада давления  $\Delta p_1$  и  $\Delta p_2$ , с.

При проведении испытаний на показания СИ, применяемых для контроля падения давления, не должны воздействовать внешние факторы (температура и давление окружающей среды, магнитные и электрические поля, колебания напряжения и частоты тока и т. п.). Изменения в показаниях СИ, обусловленные данными факторами, могут быть ошибочно приняты за результат падения давления в соединительных линиях.

Места утечек определяются путем обмыливания поверхностей или с помощью течеискателей.

С целью проверки отсутствия влияния кабельных соединений, магнитных и электрических полей, колебаний напряжения и частоты тока питания и т. п. на показания измерительных каналов параметров потока необходимо удостовериться в выполнении следующего условия:

$$\frac{y - y_{\text{э}}}{y_{\text{э}}} 100 \leq \left\{ \delta_{y_{\text{э}}}^2 + \sum_{i=1}^n [\vartheta_i \delta_{y_i}]^2 \right\}^{0,5} \quad (56)$$

где  $y$  - контролируемый параметр;

$y_{\text{э}}$  - показание рабочего эталона;

$n$  - число последовательно соединенных измерительных преобразователей или измерительных приборов, используемых для измерения параметра;

$\vartheta_i$  - коэффициент чувствительности  $i$ -го измерительного преобразователя или измерительного прибора;

$\delta$  - относительная погрешность, вносимая  $i$ -м измерительным преобразователем или измерительным прибором с учетом дополнительных составляющих;

$\delta_{y_{\text{э}}}$  - относительная погрешность рабочего эталона, применяемого для контроля метрологических характеристик измерительного канала.

Для данной проверки допускается применять рабочие эталоны, относительная погрешность, которых не превышает  $1/2 \left\{ \sum_{i=1}^n [\vartheta_i \delta_{y_i}]^2 \right\}^{0,5}$

#### 7.6 К разделу 8 «Обработка результатов измерений ГОСТ 8.586.5»

Физические свойства среды – плотность при рабочих и стандартных условиях, коэффициент сжимаемости и показатель адиабаты (для газов), динамическая вязкость – определяются в соответствии с пунктом 5.4.1 ГОСТ 8.586.1-2005.

Значение вязкости измеряемой среды необходимо для расчета числа Re, от которого зависит коэффициент истечения СУ. Вязкость среды может быть непосредственно измерена или рассчитана с помощью эмпирических или теоретических уравнений, или определена графоаналитическим методом.

Учитывая, что область применения СУ ограничена числами Re, при которых величина коэффициента истечения изменяется незначительно, определение вязкости для измерения расхода веществ с высокой точностью не требуется.

Для определения показателя адиабаты применяются как правило расчетные методы.

Примечание - Погрешность определения показателя адиабаты являются малой частью в общем значении погрешности измерения расхода. Так, ошибка в определении показателя адиабаты в 1 % приводит к дополнительной погрешности расхода, в худшем случае ( $\Delta p/p=0,25$  и  $\beta=0,75$ ), равной 0,1 %. С уменьшением величины  $\beta$  и отношения  $\Delta p/p$ , вклад погрешности показателя адиабаты в погрешность расхода еще менее значителен.

При отсутствии данных по значениям показателя адиабаты допускается выполнение расчетов по следующей формуле:

$$k = \frac{c_p}{c_v} \quad (57)$$

где  $c_p, c_v$  – удельные теплоемкости при постоянном давлении и объеме.

#### 7.7 К разделу 10 «Оценка неопределенности результатов измерений ГОСТ 8.586.5-2005»

##### 7.7.1 К пункту 10.1 «Общие положения»:

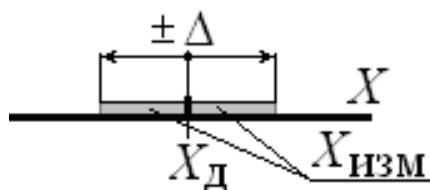
Неопределенность измерений – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обосновано приписаны измеряемой величине.

Неопределенность характеризует интервал вокруг результата измерения, в пределах которого с достаточно высокой вероятностью находится действительное значение измеряемой величины – значение, которое могло бы быть обосновано приписано измеряемой величине.

Параметром, характеризующим неопределенность количественно, может быть стандартная неопределенность или расширенная неопределенность.

Основными особенностями применения неопределенности при оценке точности измерений являются следующие [21].

Понятие «неопределенность» устраняет некорректность использования понятия «погрешность» при оценке точности результата измерения. Оценка погрешности результата измерения – это оценка отклонения результата измерения  $X_{изм}$  от действительного значения измеряемой величины  $X_d$  (рисунок 27).

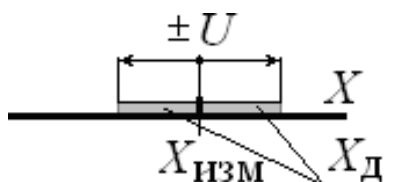


**Рисунок 27 – Оценка погрешности измерения**

На рисунке 27 на оси  $X$  отложено действительное значение измеряемой величины  $X_{\text{Д}}$  и указана область  $\pm\Delta$ , в пределах которой с какой-то вероятностью, близкой к единице, находится измеренное значение  $X_{\text{ИЗМ}}$ .

За исключением поверки и калибровки, при измерениях действительное значение измеряемой величины всегда неизвестно, а известен только результат измерения  $X_{\text{ИЗМ}}$ .

Неопределенность характеризуется некоторой областью, находящейся вокруг результата измерения  $X_{\text{ИЗМ}}$ , в которой может с какой-то вероятностью находиться действительное значение измеряемой величины  $X_{\text{Д}}$  (рисунок 28).



**Рисунок 28 – Оценка неопределенности измерения**

На оси  $X$  отложено измеренное значение величины  $X_{\text{ИЗМ}}$  и указана область  $\pm U$ , в пределах которой с какой-то вероятностью, близкой к единице, находится действительное значение измеряемой величины  $X_{\text{Д}}$ .

Оценка неопределенности – это оценка возможного отклонения действительного значения измеряемой величины  $X_{\text{Д}}$  от ее измеренного значения  $X_{\text{ИЗМ}}$ .

Результат измерения после введения поправок на систематические эффекты является наилучшей оценкой значения измеряемой величины. Полная формулировка результата измерения должна включать информацию о неопределенности.

#### 7.7.2 К пункту 10.2 «Формулы для расчета неопределенности расхода среды»:

В разделе приведены формулы для расчета относительной стандартной неопределенности расчета расхода среды. Относительная расширенная неопределенность расчета расхода среды вычисляется по формуле (10.1) ГОСТ 8.586.5-2005.

#### 7.7.3 К пункту 10.3 «Составляющие неопределенности расхода среды»:

При оценке относительной стандартной неопределенности параметров потока и среды, должны учитываться дополнительные составляющие неопределенностей СИ, обусловленные условиями их применения. Например, для ППД должны учитываться дополнительные составляющие неопределенности, обусловленные влиянием температуры окружающей среды и статического давления измеряемой среды.

При применении СИ с аналоговым сигналом учитывается неопределенность его преобразования вычислительным устройством.

#### 7.7.4 К пункту 10.4 «Оценка неопределенности результатов определения количества среды»:

В разделе приведены формулы для расчета относительной стандартной неопределенности количества среды. Относительную расширенную неопределенность расчета количества среды вычисляют по формуле (10.1) ГОСТ 8.586.5-2005.

При определении количества среды путем планиметрирования диаграмм, неопределенность результата определения количества среды, например  $u'$  в случае зависимости  $\rho$  от  $\rho_c$ , рассчитывают по формуле:

$$u'_{vc} = \left\{ u_c'^2 + u_{K_u}'^2 + u_{K_n}'^2 + \left( \frac{2\beta^4}{1-\beta^4} \right)^2 u_D'^2 + \left( \frac{2}{1-\beta^4} \right)^2 u_d'^2 + u_\varepsilon'^2 + u_{\Delta p}'^2 + u_p'^2 + u_T'^2 + 0.25 \left[ (u_{\Delta p}'^2 + u_{nл\Delta p}'^2 + u_{\tau\Delta p}'^2) + (u_p'^2 + u_{nлp}'^2 + u_{\tau p}'^2) + (u_T'^2 + u_{нлT}'^2 + u_{\tau T}'^2) + u_{\rho_c}'^2 + u_K'^2 \right]^{0.5} \right\} \quad (58)$$

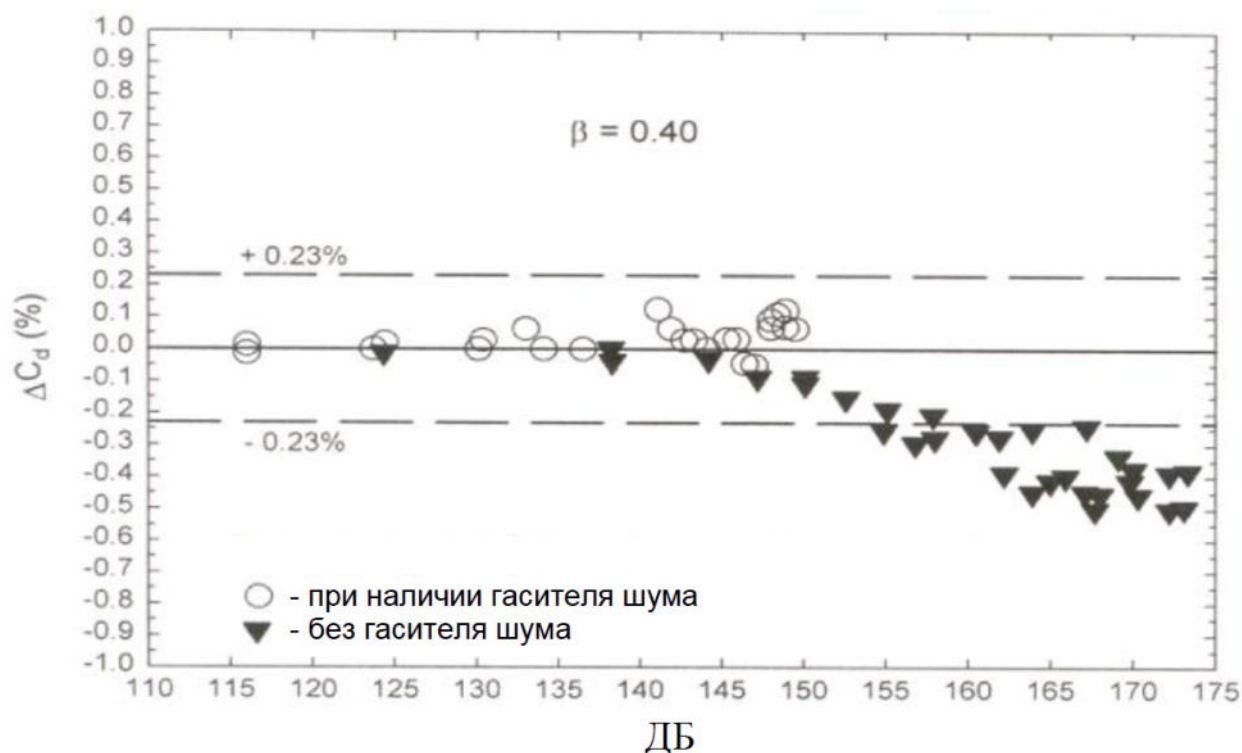
При оценке стандартной относительной неопределенности результата измерения  $\Delta\rho$  по формуле (10.19) ГОСТ 8.586.5-2005, составляющая неопределенности, обусловленная планиметром, не учитывается.

## 7.8 К Приложению Е «Планиметрирование диаграмм и обработка показаний интегрирующих устройств ГОСТ 8.586.5-2005»

Смотрите раздел В.5 приложения В.

## 7.9 К Приложению Ж «Измерение количества среды при нестационарном потоке ГОСТ 8.586.5»

На объектах учета при редуцировании газа возможно возникновение существенных звуковых колебаний, которые могут приводить к дополнительной погрешности измерений расхода и количества газа. Из представленных на рисунке 29 данных видно, что при уровне звукового давления, превышающем 145 дБ, коэффициент истечения диафрагмы изменяется [22].



**Рисунок 29 – Влияние уровня звукового давления на коэффициент истечения диафрагмы при  $\beta=0,4$  и  $DN= 600$**

Для исключения указанной дополнительной погрешности необходимо либо выбирать двухступенчатый регулятор давления, либо применить двухступенчатое редуцирование, при котором давление снижается первым регулятором до промежуточного значения, а вторым — до необходимого, либо установить гаситель шума (перфорированный патрубок) сразу после редуцирования газа.

**Приложение А**  
(обязательное)

**Рекомендуемая область применения сужающих устройств**

Рекомендуемая область применения СУ для измерений расхода и количества веществ в основных технологических процессах добычи и транспорта углеводородного сырья приведена в таблице А.1.

**Таблица А1 - Рекомендуемая область применения СУ в основных технологических процессах добычи и транспорта углеводородного сырья**

| Тип сужающего устройства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Измеряемая среда        | Вид учета    | Внутренний диаметр трубопровода | Абсолютное давление среды | Температура среды |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Диафрагма                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Природный газ           | Коммерческий | от 0,15 до 1                    | Не менее 0,2              | Не менее минус 30 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Сухой отбензиненный газ |              |                                 |                           |                   |
| <p>Примечание 1 – Объемное содержание жидкой фазы и механических примесей в газе на узлах коммерческого учета газа не должно превышать 0,05%, на технологических узлах – 0,25%. Массовое содержание газовой фазы в жидкости на узлах коммерческого учета жидких углеводородных сред не должно превышать 0,01%, на технологических узлах – 0,03%.</p> <p>Примечание 2 – СУ рекомендуется применять для измерения при объемном расходе газа, приведенном к стандартным условиям, значение которого не менее 20 м<sup>3</sup>/ч и массового расхода жидкости, значение которого не менее 10<sup>3</sup> кг/ч.</p> |                         |              |                                 |                           |                   |

**Приложение Б**  
(обязательное)

**Методы определения эквивалентной шероховатости внутренней стенки измерительного трубопровода**

Б.1 Для определения  $R_{\text{ш}}$  рекомендуется использование одного из следующих методов:

- прямого измерения среднеарифметического отклонения профиля шероховатости  $R_a$  и вычисления  $R_{\text{ш}}$  по формуле (7.1) ГОСТ 8.586.1-2005;
- применения табличных значений эквивалентной шероховатости ИТ по Приложению Д ГОСТ 8.586.1;
- экспериментального определения коэффициента гидравлического трения ИТ  $\lambda$  и вычисления  $R_{\text{ш}}$  по формуле (7.2) ГОСТ 8.586.1-2005.

Б.2 На вновь вводимых в эксплуатацию узлах измерений перед монтажом участков ИТ должно быть измерено среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости  $R_a$  в соответствии с требованиями пункта 7.1.5 ГОСТ 8.586.1-2005.

Механические СИ шероховатости могут быть использованы только для чистых поверхностей.

При наличии отложений или загрязнений на внутренней поверхности ИТ рекомендуется применение оптических СИ.

Б.3 Приведенные в таблице Д.1 ГОСТ 8.586.1-2005 значения эквивалентной шероховатости ИТ являются результатом систематизации и классификации результатов большого числа исследований. Однако даже для одного вида труб и материалов, из которых они изготовлены, одинаковых условий эксплуатации реальное значения эквивалентной шероховатости ИТ может изменяться в широком диапазоне. Неопределенность табулированных значений  $R_{\text{ш}}$  достигает 100 %, поэтому метод применения табличных значений эквивалентной шероховатости ИТ для определения  $R_{\text{ш}}$  уступает по точности другим методам.

Эквивалентная шероховатость стенок трубопровода возрастает в процессе эксплуатации. Процесс изменения шероховатости во времени может быть описан формулой [8]:

$$R_{\text{ш}} = R_{\text{шн}} + \alpha \tau \quad (\text{Б.1})$$

где  $R_{\text{шн}}$  – начальная шероховатость стенок трубопровода;

$\alpha$  - скорость изменения шероховатости в мм/год;

$\tau$  - время эксплуатации трубопровода в годах.

Скорость изменения шероховатости трубопроводов зависит от типа транспортируемой по ним среды. Газопроводы меньше подвергаются механическим загрязнениям, чем, например, водопроводы и вентиляционные трубопроводы. Однако, содержание в газе сероводорода, углекислот и кислорода способствует коррозии металла, что приводит к росту шероховатости стенок газопровода. Скорость изменения шероховатости газопроводов, как правило, не превышает 0,05 мм в год. При сухих газах, если внутренняя поверхность не подвергается коррозии, шероховатость может даже снизиться, так как трубы отчасти шлифуются сухим газом [8].

Формула (Б.1) может быть использована для оценки возможных изменений значений шероховатости внутренней поверхности ИТ и определения сроков необходимой очистки поверхности ИТ.

Б.4 Метод определения эквивалентной шероховатости внутренней стенки ИТ, основанный на экспериментальном определении коэффициента гидравлического трения ИТ и вычисления  $R_{\text{ш}}$  по формуле (7.2) ГОСТ 8.586.1-2005, может быть применен только в случае, когда прямолинейные участки ИТ перед СУ соответствуют установленным в подразделе 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 для СУ при  $\beta=0,75$  и нулевой дополнительной неопределенности коэффициента истечения. Кроме того, скорость газа должна быть не менее 10 м/с, а давление более 1 МПа.

Б.5 Порядок выполнения работ и необходимых вычислений:

а) перед СУ на ИТ необходимо просверлить два отверстия для отбора перепада давления. Первое отверстие сверлят на расстоянии  $1,5D$  перед СУ, второе отверстие - на расстоянии  $l$  от первого отверстия (МС и уступы на участке между отборами должны отсутствовать).

Для обеспечения осреднения давления рекомендуется сверление нескольких отверстий, равномерно расположенных по периметру трубопровода.

Первое отверстие (или группу отверстий), расположенное на расстоянии  $1,5D$  перед СУ, подключают к минусовой камере СИ перепада давления. Второе отверстие (или группу отверстий), расположенное в сечении трубопровода на расстоянии  $l$  от СУ, подключают к плюсовой камере СИ перепада давления.

Отверстия для отбора давлений должны удовлетворять требованиям подраздела 5.2 ГОСТ 8.586.2-2005.

Внутренний диаметр ИТ определяют в сечениях ИТ, выбранных для сверления отверстий.

Расстояние  $l$  может быть рассчитано по формуле:

$$l \cong \frac{200\Delta p_T D}{\rho \bar{w}^2} \quad (\text{Б.2})$$

где  $D$  – средний диаметр трубопровода на участке длиной  $l$ , м;

$\Delta p_T$  – необходимый перепад давления на прямолинейном участке длиной  $l$ , Па;

$w$  – средняя скорость потока в ИТ, м/с.

Для газовых сред следует выбирать СИ перепада давления с наименьшим верхним пределом измерений, так как на коротких прямых участках ИТ наблюдаются малые перепады давления. Так, например, при плотности газа  $5 \text{ кг/м}^3$ , скорости газа 10 м/с, и диаметре трубопровода 0,1 м на длине  $l \cong 4$  м в соответствии с формулой (Б.2) перепад давления будет равен только 100 Па.

Перепад давления необходимо измерять на тех участках ИТ, где сформирована эпюра скоростей потока, поэтому ближайшее МС должно быть удалено от участка, на котором производится отбор давления. Необходимая длина прямолинейного участка ИТ между МС и местом отбора давления должна быть не менее  $2/3$  длины между МС и СУ, указанной в Б.4.

б) необходимо установить наибольший допустимый перепад давления на СУ. Массовый расход среды через СУ измеряют, используя алгоритм, приведенный в подразделе 8.1 ГОСТ 8.586.5-2005. При этом  $R_{\text{ш}}$  принимают равным значению, выбранному по таблице Д.1 ГОСТ 8.586.1-2005. Также необходимо измерить перепад давления, давление и температуру газа в ИТ. Перепад давления измеряют на прямолинейном участке ИТ (перечисление «а») перед СУ. Давление допускается измерять путем подключения манометра к плюсовой импульсной линии СИ перепада давления.



в) среднюю скорость потока, коэффициент гидравлического трения и число Re рассчитывают по следующим формулам:

$$\bar{w} = \frac{4q_m}{\pi D^2 \rho} \quad (\text{Б.3})$$

$$\lambda = \frac{2D}{L\rho\bar{U}^2} \left\{ \Delta p_T + \frac{8q_m^2}{\pi^2 \rho D_1^4} \left[ \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 - 1 \right] \right\} \quad (\text{Б.4})$$

$$Re = \frac{4q_m}{\pi \mu D} \quad (\text{Б.5})$$

где  $D$  - внутренний диаметр измерительного трубопровода при рабочей температуре среды;

$q_m$  - массовый расход среды;

$L$  - относительная длина;

$\bar{U}$  - среднее значение расширенной неопределенности;

$\Delta p_T$  - перепад давления на сужающем устройстве;

$\mu$  - вязкость среды;

$D_1$  - внутренний диаметр трубы на расстоянии  $1,5D$  перед СУ, м;

$D_2$  - внутренний диаметр трубы во втором сечении относительно СУ, м;

$\rho$  - плотность газа при рабочих условиях, на участке перед СУ кг/м<sup>3</sup>.

Приближенное значение относительной эквивалентной шероховатости стенок трубопровода определяется по следующей формуле:

$$\frac{R_{\text{ш}}}{D} = 3,71 \times 10^{-1/(2\sqrt{\lambda})} - \frac{9,34}{Re\sqrt{\lambda}} \quad (\text{Б.6})$$

где  $Re$  - число Рейнольдса;

$\lambda$  - коэффициент гидравлического трения

г) расход на диафрагме рассчитывают заново, используя приближенное значение эквивалентной шероховатости стенок трубопровода. Также определяются новые значения средней скорости потока, коэффициента гидравлического трения и числа Re. По формуле (Б.6) рассчитывается действительное значение  $R_{\text{ш}}/D$ .

**Приложение В**  
(обязательное)

**Рекомендации по определению длины прямолинейных участков  
измерительных трубопроводов**

**В.1 Общие положения**

В.1.1 При расчете необходимой длины прямолинейных участков ИТ, а также проверки выполнения требований раздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 рекомендуется применение аттестованных программных комплексов.

В.1.2 Правильность выполнения расчетов длины прямолинейных участков ИТ обеспечивается только при условии отсутствия ошибок при классификации видов МС, размещенных на ИТ. При этом следует учитывать, что классификация МС, состоящих из групп колен, зависит от типа СУ (см. приложение А, ГОСТ 8.586.2-2005).

В.1.3 Рекомендуемый порядок проверки выполнения требований к длине прямолинейных участков ИТ, общий для всех типов СУ, приведен в разделе В.2.

Примеры по применению требований раздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 приведены в разделах:

- В.3, в случае простых (однозвенных) ИТ, то есть когда перед СУ отсутствуют МС вида «Смешивающий потоки тройник»;

- В.4, в случае сложных (многозвенных) ИТ, то есть когда перед СУ имеется МС вида «Смешивающий потоки тройник», требующий проверки соответствия требованиям к длине прямолинейных участков ИТ по всем звеньям труб, образующих данное МС;

- В.5, в случае размещения СУ на измерительных линиях коллекторных систем.

Процедура выполнения расчетов по проверке выполнения требований к длине прямолинейных участков ИТ аналогична для всех типов СУ и отличается только использованием различных табулированных значений минимальной длины прямолинейных участков ИТ и классификацией МС, состоящих из групп колен, поэтому во всех примерах в качестве СУ рассматривается только диафрагма.

В.1.4 Абсолютная длина прямолинейного участка ИТ, при известном значении его относительной длины, определяется по формуле (36).

Примечание - В настоящем приложении абсолютная длина и внутренний диаметр участков ИТ выражены в мм.

В.1.5 Условные обозначения величин, применяемых в настоящем приложении, приведены в таблице В.1.

**Таблица В.1 – Условные обозначения величин, применяемых в настоящем приложении**

| Обозначение        | Наименование величины                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $l_1$              | Абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и ближайшим, установленным перед ним, МС.                                                                                                                                                        |
| $l_2$              | Абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 (рисунок 9).                                                                                                                                                                              |
| $l_3$              | Абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и ближайшим, установленным после него МС.                                                                                                                                                        |
| $l_4$              | Абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между МС2 и МС3 (рисунок 9).                                                                                                                                                                              |
| $l_{ГК}$           | Имеющаяся абсолютная длина участка ИТ между СУ и МС, образованным группой колен, или «МС неопределенного вида» (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005).                                                                                             |
| $L_{1нА}; l_{1нА}$ | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и ближайшим, установленным перед ним МС, рассчитанная по данным колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.                                                   |
| $L_{2нА}; l_{2нА}$ | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 (рисунок 7), рассчитанная по данным колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.                                                                        |
| $L_{3нА}; l_{3нА}$ | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и ближайшим, установленным после него МС, рассчитанная по данным колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.                                                  |
| $L_{1нБ}; l_{1нБ}$ | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и ближайшим, установленным перед ним МС, рассчитанная по данным колонок Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.                                                   |
| $L_{2нБ}; l_{2нБ}$ | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 (рисунок 7), рассчитанная по данным колонок Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.                                                                        |
| $L_{3нБ}; l_{3нБ}$ | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и ближайшим, установленным после него МС, рассчитанная по данным колонок Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.                                                  |
| $L_{ГКА}; l_{ГКА}$ | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина участка ИТ между СУ и МС, образованным группой колен, или «МС неопределенного вида» (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), рассчитанная по данным колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005. |
| $L_{ГКБ}; l_{ГКБ}$ | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина участка ИТ между СУ и МС, образованным группой колен, или «МС неопределенного вида» (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), рассчитанная по данным колонок Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005. |
| $L_A; l_A$         | Минимальная необходимая относительная и абсолютная длина участка ИТ между СУ и «МС неопределенного вида», рассчитанная по данным колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.                                                                              |

## **В.2 Порядок проверки выполнения требований к длине прямолинейных участков ИТ**

В.2.1 Проверка соответствия длины прямолинейных участков ИТ требованиям настоящих рекомендаций выполняется в следующей последовательности:

а) расположенные перед СУ три ближайшие к нему МС и МС, которые являются комбинацией колен, включая, в случае применения диафрагм, «МС неопределенного вида», классифицируют в соответствии с требованиями ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005 (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005).

Классификация проводится в соответствии с требованиями приложения А и перечисления в) пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005 (и) для диафрагм.

б) при наличии МС, образованных группой колен, включая, в случае применения диафрагм, «МС неопределенного вида» (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), необходимо дополнительно вычислить абсолютную длину участка ИТ между данным МС и СУ. При этом длина данного участка ИТ должна быть равна сумме длины МС и прямолинейных участков ИТ, расположенных между МС и СУ.

в) в соответствии с пояснениями к пункту 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005 проводится отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ;

г) в зависимости от значения  $\beta$  рассчитывается необходимая минимальная относительная длина прямолинейного участка ИТ после СУ. При этом используются формула (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 и данные колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для диафрагм.

Значение относительной длины пересчитывается в абсолютную по формуле (36). Полученное значение сравнивают с имеющейся относительной длиной прямолинейного участка ИТ после СУ. Длина прямого участка после СУ должна быть не меньше необходимой минимальной длины прямолинейного участка. Если данное требование не выполняется, то осуществляется перерасчет по формуле (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 и данным колонки Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для диафрагм. Рассчитанную необходимую минимальную длину после СУ сравнивают с имеющейся длиной прямолинейного участка ИТ после СУ. Если длина прямолинейного участка после СУ не меньше рассчитанной минимальной длины, то при оценке неопределенности коэффициента истечения учитывается дополнительная составляющая, равная 0,5 %. В противном случае длина прямолинейного участка после СУ не соответствует требованиям ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005.

д) в зависимости от значения  $\beta$  и вида МС, расположенного перед СУ, рассчитывается необходимая минимальная относительная длина прямолинейного участка ИТ перед СУ. При этом используются формула (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 и данные колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для диафрагм.

Значение относительной длины пересчитывается в абсолютную по формуле (36). Полученное значение сравнивают с имеющейся длиной прямолинейного участка ИТ до СУ. Длина прямолинейного участка до СУ должна быть не меньше рассчитанной необходимой минимальной длины прямолинейного участка. Если данное требование не выполняется, и длина прямолинейного участка после СУ соответствует нулевой дополнительной погрешности коэффициента истечения (перечисление г), то используют данные колонок Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.

- Необходимую минимальную относительную длину прямолинейного участка ИТ перед СУ рассчитывают и сравнивают с имеющейся относительной длиной прямолинейного участка ИТ перед СУ. Если длина прямолинейного участка СУ не менее

рассчитанной минимальной длины, то при оценке неопределенности коэффициента истечения СУ учитывается дополнительная составляющая, равная 0,5%, в противном случае длина прямолинейного участка перед СУ не соответствует требованиям ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005;

е) необходимая минимальная длина прямолинейного участка ИТ между двумя МС ближайшими к СУ рассчитывается в соответствии с требованиями пункта 6.2.8 (см. перечисление а), пункт 2) ГОСТ 8.586.2-2005 для диафрагм, и проверяется на соответствие условиям, приведенным в таблице В.2.

**Таблица В.2 – Условия для проверки длины прямолинейных участков ИТ**

| Вариант | Условия для проверки длины прямолинейных участков ИТ                                                                                     | Дополнительная неопределенность коэффициента истечения |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1       | $l_1 + l_2 \geq l_{1\text{нА}} + l_{2\text{нА}};$ $l_1 \geq l_{1\text{нА}};$ $l_3 \geq l_{3\text{нА}}$                                   | 0,0 %                                                  |
| 2       | $l_1 + l_2 \geq l_{1\text{нА}} + l_{2\text{нА}};$ $l_1 \geq l_{1\text{нА}};$ $l_{3\text{нА}} > l_3 \geq l_{3\text{нБ}}$                  | 0,5 %                                                  |
| 3       | $l_{1\text{нА}} + l_{2\text{нА}} > l_1 + l_2 \geq l_{1\text{нА}} + l_{2\text{нБ}};$ $l_1 \geq l_{1\text{нА}};$ $l_3 \geq l_{3\text{нА}}$ | 0,5 %                                                  |
| 4       | $l_{1\text{нА}} + l_{2\text{нА}} > l_1 + l_2 \geq l_{1\text{нБ}} + l_{2\text{нА}};$ $l_2 \geq l_{2\text{нА}};$ $l_3 \geq l_{3\text{нА}}$ | 0,5 %                                                  |

Если условия ни одного из вариантов, приведенных в таблице В.2, не выполняются, то длина прямолинейных участков ИТ не соответствует требованиям ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005.

ж) при наличии на ИТ до СУ МС, образованных группой колен, включая, в случае применения диафрагм, «МС неопределенного вида» (ГОСТ 8.586.2-2005 подраздел А.1.4), используя формулу (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 и данные колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для диафрагм.

В зависимости от значения  $\beta$  и вида МС рассчитывается необходимая минимальная относительная длина прямолинейного участка ИТ между данным МС и СУ. Полученное значение сравнивают ее с имеющейся относительной длиной участка ИТ, рассчитанного в соответствии с требованиями перечисления б).

Длина участка ИТ, рассчитанного в соответствии с требованиями перечисления б), должна быть не менее рассчитанной необходимой минимальной длины прямолинейного участка между данным МС и СУ. Если данное требование не выполняется, но выполнены условия варианта № 1 (таблица В.2), то используя формулу (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 и данные колонок Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для диафрагм в зависимости от значения  $\beta$  и вида МС, рассчитывают необходимую минимальную относительную длину прямолинейного участка ИТ между данным МС и СУ и сравнивают ее с имеющейся относительной длиной участка ИТ, рассчитанной в соответствии с требованиями перечисления б). Если длина участка ИТ не меньше рассчитанной необходимой минимальной длины прямолинейного участка между данным МС и СУ, то при оценке

неопределенности коэффициента истечения СУ учитывают дополнительную составляющую, равную 0,5 %, в противном случае длина прямолинейных участков ИТ не соответствует требованиям ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005.

### В.3 Простые (однозвенные) измерительные трубопроводы

#### В.3.1 Пример № 1

##### В.3.1.1 Исходные данные

Исходные данные приведены на схеме рисунка В.1 и в таблице В.3.

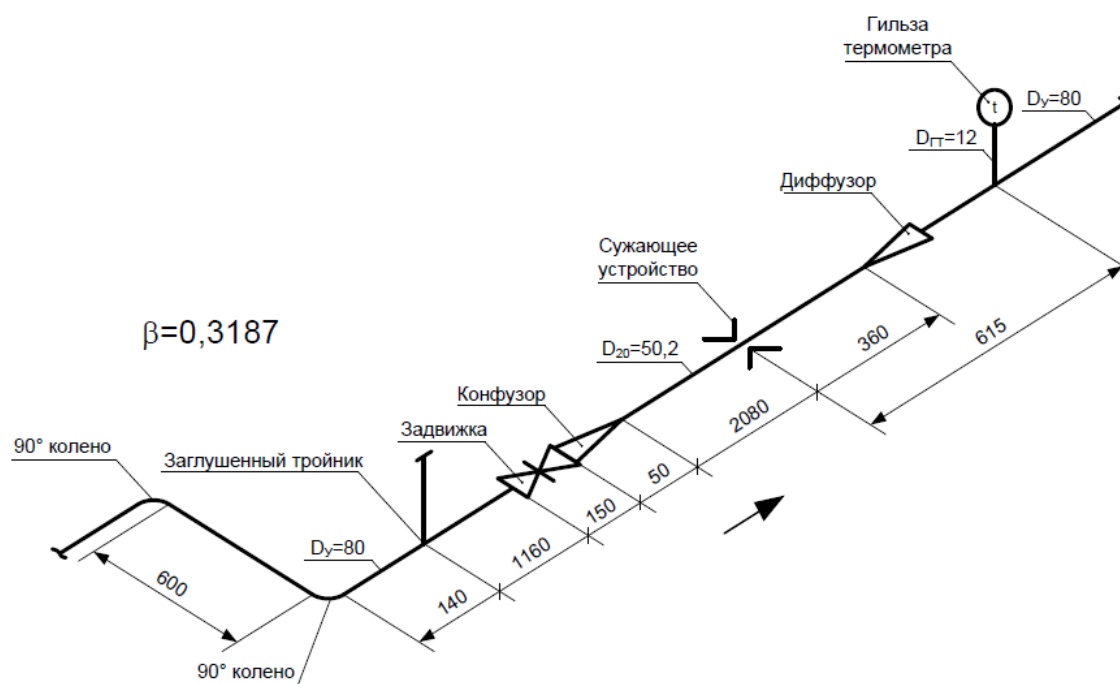


Рисунок В.1 – Схема ИТ (пример № 1)

Таблица В.3 – Исходные данные для примера №1

|                  |                                                                   |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|
| МС1              | Конфузор                                                          |
| МС2              | Задвижка DN 80                                                    |
| МС3              | Заглушенный тройник, не изменяющий направление потока             |
| Комбинация колен | Два 90° колена в одной плоскости, S конфигурация ( $l \leq 10D$ ) |

##### В.3.1.2 Порядок выполнения расчетов и их результаты

а) Отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ, проводится в соответствии с рекомендациями к п. 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

На ИТ отсутствуют «МС неопределенного вида», образованные группой колен (подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005) «МС неопределенного вида», если они не образованы группой колен (подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), должны располагаться

от диафрагмы при  $\beta=0,3187$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и расчетов по формуле (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии:

$$L_A = \text{round} \left\{ \frac{70 - 60}{0,4 - 0,2} (0,3187 - 0,2) + 60 \right\} = 66$$

тогда

$$l_A = 66 \times 50,2 \text{ мм} = 3313,2 \text{ мм}$$

В соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005 МС, расположенные до СУ на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», не учитываются. В соответствии со схемой размещения МС, представленной на рисунке В.1, до СУ на расстоянии менее 3313,2 мм расположены только МС1 и МС2, которые следует учитывать при определении длины прямых участков ИТ.

б) В результате расчетов по формуле (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 с использованием данных колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 для  $\beta=0,3187$ :

$$L_{3 \text{ HA}} = \text{round} \left\{ \frac{6 - 4}{0,4 - 0,2} (0,3187 - 0,2) + 4 \right\} = 5$$

тогда

$$l_{3 \text{ HA}} = 5 \times 50,2 \text{ мм} = 251 \text{ мм}$$

Полученное значение длины прямолинейного участка ИТ не превышает имеющуюся длину, равную 360 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ после диафрагмы соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

в) В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 необходимая минимальная относительная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1:

$$L_{1 \text{ HA}} = 5,$$

тогда

$$l_{1 \text{ HA}} = 5 \times 50,2 \text{ мм} = 251 \text{ мм}$$

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 2080 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1 соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

г) Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005. По данным колонки А таблицы 4 при  $\beta = 0,67$ :

$$L_{1 \text{ HA}}=18; l_{1 \text{ HA}} = 18D_2=18 \cdot 80^{1)}=1440 \text{ мм},$$

тогда

$$l_{2 \text{ HA}} = l_{1 \text{ HA}} / 2 = 1440/2 = 720 \text{ мм}.$$

Проверяют выполнение условий варианта 1 таблицы В.2.

Так как  $l_1=2080 \text{ мм}$ ;  $l_2=0 \text{ мм}$ ;  $l_1 + l_2 = 2080 + 0 = 2080 \text{ мм}$ ;

<sup>1)</sup> Внутренний диаметр ИТ между МС1 и МС2 (D2) принят равным внутреннему диаметру входного сечения конфузора.

$$l_{1HA}=251 \text{ мм}; l_{2HA}=720 \text{ мм}; l_{1HA} + l_{2HA}=251+720=971 \text{ мм};$$
$$l_3=360 \text{ мм}; l_{3HA}= 251 \text{ мм},$$

то  $l_1 + l_2 \geq l_{1HA} + l_{2HA}$ ;  $l_1 \geq l_{1HA}$ ;  $l_3 \geq l_{3HA}$ , следовательно, условия варианта 1 таблицы В.2 выполняются.

#### **В.3.1.3 Выводы**

Длины прямолинейных участков ИТ соответствуют требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без увеличения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

### **В.3.2 Пример №2**

#### **В.3.2.1 Исходные данные**

Исходные данные приведены на схеме рисунка В.2 и в таблице В.4.

**Таблица В.4 – Исходные данные для примера №2**

|     |              |
|-----|--------------|
| МС1 | Диффузор     |
| МС2 | Шаровой кран |
| МС3 | Конфузор     |

#### **В.3.2.2 Порядок выполнения расчетов и их результаты**

а) отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длин прямолинейных участков ИТ, проводится в соответствии с рекомендациями к п. 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

Из приведенной схемы видно, что на ИТ отсутствуют «МС неопределенного вида» (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005) и МС, состоящие из комбинации колен.



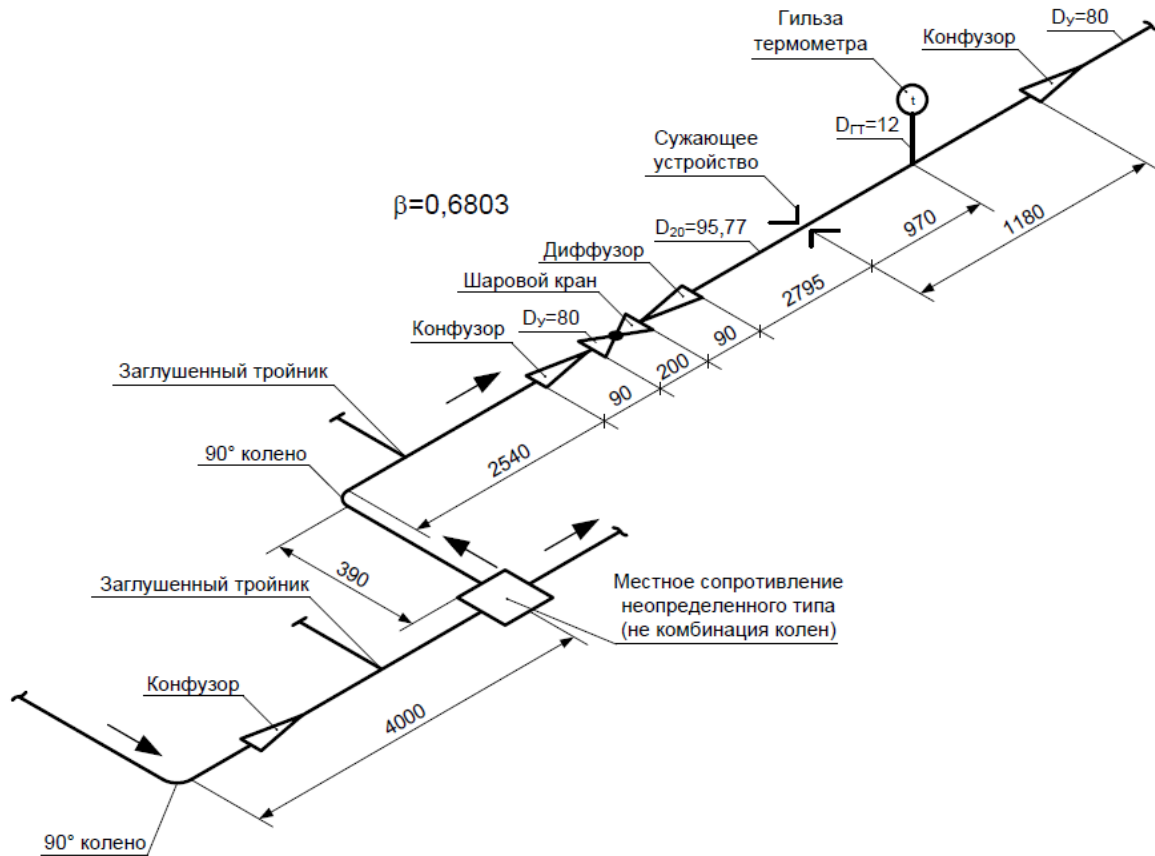


Рисунок В.2 – Схема ИТ (пример №2)

«МС неопределенного вида», если они не образованы группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), должны располагаться от диафрагмы при  $\beta=0,6803$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии:

$$L_A = \text{round} \left\{ \frac{96 - 89}{0,75 - 0,67} (0,6803 - 0,67) + 89 \right\} = 90$$

тогда

$$l_A = 90 \times 95675 \text{ мм} = 8619,3 \text{ мм}$$

В соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005 МС, расположенные до СУ на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», не учитываются. Так как МС1, МС2 и МС3 расположены перед СУ на расстоянии менее 8619,3 мм (рисунок В.2), то данные МС должны учитываться при определении длины прямолинейных участков ИТ.

б) МС, установленное после СУ, не является симметричным резким сужением. В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и результатов расчета по формуле (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005:

$$L_{3 \text{ на}} = \text{round} \left\{ \frac{8 - 7}{0,75 - 0,67} (0,6803 - 0,67) + 7 \right\} = 7$$

тогда

$$l_{3 \text{ HA}} = 7 \times 95,77 \text{ мм} = 670,39 \text{ мм}$$

Полученное значение длины прямолинейного участка ИТ не превышает имеющуюся длину, равную 1180 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ после диафрагмы соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

в) Для МС1 в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005:

$$\begin{aligned} \text{при } \beta_1 &= 0,67; L_1 = 28; \\ \text{при } \beta_2 &= 0,75; L_2 = 36. \end{aligned}$$

В соответствии с формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 и с учетом округления:

$$L_{1 \text{ HA}} = \text{round} \left\{ \frac{36 - 28}{0,75 - 0,67} (0,6803 - 0,67) + 28 \right\} = 29$$

тогда

$$l_{1 \text{ HA}} = 29 \times 95,75 \text{ мм} = 2777,33 \text{ мм}$$

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 2795 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1 соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

г) Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005. Так как расстояние между МС2 и МС3 менее 5D, то необходимо проверить, какое из данных МС требует больший прямолинейный участок ИТ. По данным колонки А таблицы 4 при  $\beta = 0,67$  требуется:

$$\begin{aligned} \text{для МС2 } L_{\text{IHA}} &= 18; l_{\text{IHA}} = 18D_2 = 18 \cdot 80^2 = 1440 \text{ мм}; \\ \text{для МС3 } L_{\text{IHA}} &= 12; l_{\text{IHA}} = 12D_2 = 12 \cdot 80 = 960 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Так как МС2 требует больший прямолинейный участок ИТ, то минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005 принимают равной:

$$l_{2 \text{ HA}} = l_{\text{IHA}} / 2 = 1440 / 2 = 720 \text{ мм}.$$

Проверяют выполнение условий варианта 1 таблицы В.2.

Так как  $l_1 = 2795 \text{ мм}$ ;  $l_2 = 0 \text{ мм}$ ;  $l_1 + l_2 = 2795 + 0 = 2795 \text{ мм}$ ;  $l_{\text{IHA}} = 2777,33 \text{ мм}$ ;  $l_{2 \text{ HA}} = 720 \text{ мм}$ ;  $l_{\text{IHA}} + l_{2 \text{ HA}} = 2777,33 + 720 = 3497,33 \text{ мм}$ ;  $l_3 = 1180 \text{ мм}$ ;  $l_{3 \text{ HA}} = 670,39 \text{ мм}$ , то  $l_1 + l_2 < l_{\text{IHA}} + l_{2 \text{ HA}}$ ;  $l_1 \geq l_{\text{IHA}}$ ;  $l_3 \geq l_{3 \text{ HA}}$ , то есть условия варианта 1 таблицы В.2 не выполняются.

Так как участок ИТ между МС1 и МС2 сокращен, то достаточно проверить выполнение условий варианта 3 таблицы В.2. Для проверки условий необходимо

---

<sup>2)</sup> Внутренний диаметр ИТ между МС1 и МС2 (D2) принят равным внутреннему диаметру входного сечения диффузора.

рассчитать значение  $l_{2нБ}$ . По данным колонки Б таблицы 4 при  $\beta = 0,67$  для МС2 требуется:

$$L_{IнБ}=9; \quad l_{IнБ}=9D_2=9\cdot 80=720 \text{ мм},$$

тогда

$$l_{2нБ} = l_{IнБ} / 2 = 720/2 = 360 \text{ мм}.$$

Так как  $l_1 + l_2 = 2795 \text{ мм}$ ;  $l_{IнА} = 2777,33 \text{ мм}$ ;  $l_{2нБ} = 360 \text{ мм}$ ;

$l_{IнА} + l_{2нБ} = 2777,33 + 360 = 3137,33 \text{ мм}$ ;  $l_3 = 1180 \text{ мм}$ ;  $l_{3нА} = 670,39 \text{ мм}$ ,

то  $l_1 + l_2 < l_{IнА} + l_{2нБ}$ ;  $l_1 \geq l_{IнА}$ ;  $l_3 \geq l_{3нА}$ , то есть условия варианта 3 таблицы В.2 не выполняются.

### В.3.2.3 Выводы

Длина прямолинейного участка ИТ не соответствуют требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005).

## В.3.3 Пример №3

### В.3.3.1 Исходные данные

Исходные данные приведены на схеме рисунка В.3 и в таблице В.5.

**Таблица В.5 – Исходные данные для примера №3**

|                                              |                                                         |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| МС1                                          | 90° колено                                              |
| МС2                                          | Заглушенный тройник, не изменяющий направление потока   |
| МС3 (комбинация колен)                       | Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ ) |
| Диаметр трубопровода МС1 и МС2 ( $D_2$ ), мм | 302,36                                                  |

### В.3.3.2 Порядок выполнения расчетов и их результаты

а) Два 90° колена, расположенные перед тройником, находятся в разных плоскостях, а расстояние между коленами  $1960 \text{ мм} = (1960 / 302,36) \cdot D = 6,48D$ , то есть  $5D < l < 30D$ , поэтому данное МС следует классифицировать как МС «Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ )».

б) отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ, проводится в соответствии с рекомендациями пункта 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.



$$l_{3HA} = 7 \times 302,36 \text{ мм} = 2116,52 \text{ мм}$$

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 2830 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ после диафрагмы соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

г) Для МС1 в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005

$$\begin{aligned} \text{при } \beta_1 &= 0,6, L_1 = 42; \\ \text{при } \beta_2 &= 0,5, L_2 = 22. \end{aligned}$$

В соответствии с формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005

$$L_{1HA} = \text{round} \left\{ \frac{42 - 22}{0,6 - 0,5} (0,5623 - 0,5) + 22 \right\} = 31$$

тогда

$$l_{1HA} = 34 \times 302,36 \text{ мм} = 10280,24 \text{ мм}$$

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 17000 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ перед СУ соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

д) Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005. Так как расстояние между МС2 и МС3 менее  $5D$ , то необходимо проверить, какое из данных МС требует больший прямолинейный участок.

По данным колонки А таблицы 4 при  $\beta = 0,67$ :

для МС2  $L_{1HA} = 24$ ;

для МС3  $L_{1HA} = 44$ .

Так как МС3 требует больший прямолинейный участок ИТ, то минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2, в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005, принимают равной:

$$L_{2HA} = L_{1HA} / 2 = 44 / 2 = 22,$$

тогда

$$l_{1HA} = 22 \times 302,36 \text{ мм} = 6651,92 \text{ мм}$$

Проверяется выполнение условий варианта 1 таблицы В.2.

Так как  $l_1 + l_2 = 17000 + 2183 = 19183 \text{ мм}$ ;

$l_{1HA} + l_{2HA} = 10280,24 + 6651,92 = 16932,16 \text{ мм}$ ;

$l_3 = 2830 \text{ мм}$ ;  $l_{3HA} = 2116,52 \text{ мм}$ ,

то  $l_1 + l_2 \geq l_{1HA} + l_{2HA}$ ;  $l_1 \geq l_{1HA}$ ;  $l_3 \geq l_{3HA}$ , следовательно, условия варианта 1 таблицы В.2 выполняются.

е) МС3 классифицировано как МС «Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ )». В соответствии с требованиями перечисления б) пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005 необходимо рассчитать необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ

между данным МС и СУ, и сравнить ее имеющейся длиной участка ИТ, рассчитанной в соответствии с требованиями В.2, перечисление б).

В соответствии с данными колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005, необходимую минимальную относительную длину прямолинейного участка ИТ между МС «Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ )» и диафрагмой при  $\beta = 0,5623$  принимают равной:

$$L_{г\text{КА}} = \text{round} \left\{ \frac{44 - 44}{0,6 - 0,5} (0,5623 - 0,5) + 44 \right\} = 44$$

тогда

$$l_{1\text{НА}} = 44 \times 302,36 \text{ мм} = 13303,84 \text{ мм}$$

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину между диафрагмой и МС «Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ )», следовательно, длина прямолинейного участка между СУ и МС «Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ )» соответствует требованиям перечисления б) пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

### В.3.3.3 Выводы

Длина всех прямолинейных участков ИТ соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без увеличения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

## В.3.4 Пример №4

### В.3.4.1 Исходные данные

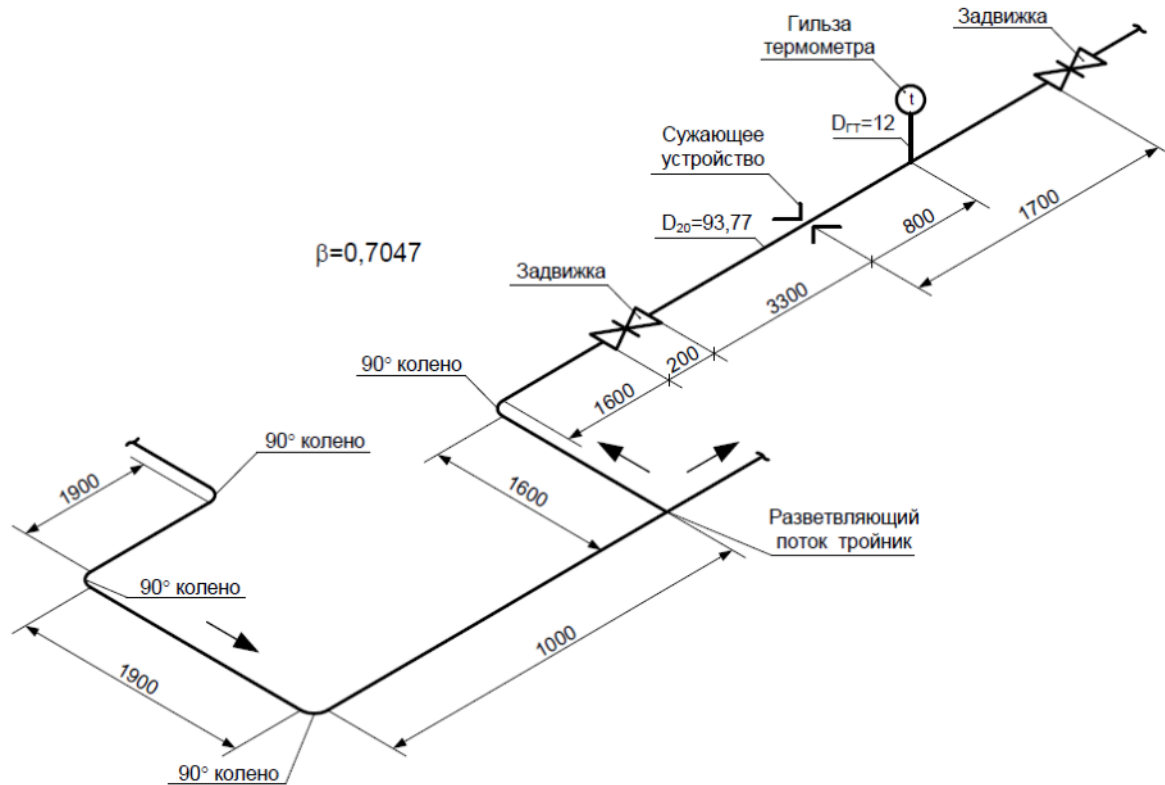
Исходные данные приведены на схеме рисунка В.4 и в таблице В.6.

**Таблица В.6 – Исходные данные для примера №4**

|                                 |                                                            |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------|
| МС1                             | Задвижка                                                   |
| МС2                             | 90° колено                                                 |
| МС3                             | Разветвляющий поток тройник                                |
| МС (комбинация колен)           | МС неопределенного вида (см. подраздел А.1.4 ГОСТ 8.586.2) |
| Диаметр МС1 и МС2 ( $D_2$ ), мм | 93,77                                                      |

### В.3.4.2 Порядок выполнения расчетов и их результаты

а) Перед МС3 находятся три 90° колена. Расстояние между коленами менее  $30D = 30 \times 93,77 = 2813,1$ , поэтому данное МС в соответствии с подразделом А.1.4 ГОСТ 8.586.2-2005 следует классифицировать как «МС неопределенного вида», образованное комбинацией колен.



б) отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ, проводится в соответствии с рекомендациями пункта 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

«МС неопределенного вида», если они образованы группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), должны располагаться от диафрагмы при  $\beta=0,7047$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии:

$$L_A = \text{round} \left\{ \frac{96 - 89}{0,75 - 0,67} (0,7047 - 0,67) + 89 \right\} = 92$$

тогда

$$l_A = 92 \times 93,77 \text{ мм} = 8626,84 \text{ мм}$$

В соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005 МС, расположенные до СУ на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», не учитываются. Так как МС1, МС2 и МС3, и «МС неопределенного вида», образованное группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), расположены перед СУ на расстоянии менее 8626,84 мм (рисунок В.4), то должны учитываться при определении длины прямолинейных участков ИТ.

в) В результате расчетов по формуле (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005, с использованием данных колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005, для  $\beta=0,7047$

$$L_{3 \text{ на}} = \text{round} \left\{ \frac{8 - 7}{0,75 - 0,67} (0,7047 - 0,67) + 76 \right\} = 7$$

тогда

$$l_{3HA} = 7 \times 93,77 \text{ мм} = 656,39 \text{ мм}$$

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 1700 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ после диафрагмы соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

г) Для МС1 в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005

$$\begin{aligned} &\text{при } \beta_1 = 0,75, L_1 = 24; \\ &\text{при } \beta_2 = 0,67, L_2 = 18. \end{aligned}$$

В соответствии с формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005

$$L_{1HA} = \text{round} \left\{ \frac{24 - 18}{0,75 - 0,67} (0,7047 - 0,67) + 18 \right\} = 21$$

тогда

$$l_{1HA} = 21 \times 93,77 \text{ мм} = 1969,17 \text{ мм}$$

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 3300 мм, следовательно, длина прямолинейного участка перед СУ соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

д) Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 8.586.2-2005.

Расстояние между МС2 и МС3 (рисунок В.4) равно  $l_2 = 1600 \text{ мм} = (1600 / 93,77) \cdot D = 17,06D$ . Так расстояние между МС2 и МС3 более  $5D$ , то МС3 не учитывают при определении длины прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2.

По данным колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 при  $\beta = 0,67$  для МС2 требуется  $L_{1HA} = 44$ .

Следовательно, минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 в соответствии с требованиями ГОСТ 8.586.2-2005 принимают равной:

$$L_{2HA} = L_{1HA} / 2 = 44 / 2 = 22,$$

тогда

$$l_{2HA} = 22 \cdot 93,77 = 2062,94 \text{ мм}.$$

Проверяется выполнение условий варианта 1 таблицы В.2.

Так как  $l_1 + l_2 = 3300 + 1600 = 4900 \text{ мм}$ ;

$$l_{1HA} + l_{2HA} = 1969,17 + 2062,94 = 4031,69 \text{ мм};$$

$$l_3 = 1700 \text{ мм}; l_{3HA} = 656,39 \text{ мм},$$

то  $l_1 + l_2 \geq l_{1HA} + l_{2HA}$ ;  $l_1 \geq l_{1HA}$ ;  $l_3 \geq l_{3HA}$ , следовательно, условия варианта 1 таблицы В.2 выполняются.

е) «МС неопределенного вида», образованное группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), расположено перед СУ (рисунок В.4) на расстоянии  $l = 3300 + 200 + 1600 + 100^3 + 1600 + 1000 = 7800 \text{ мм}$ , которое менее необходимого  $l_A = 8626,84 \text{ мм}$  (перечисление б)). Следовательно, необходимо проверить, что длина участка ИТ между

---

<sup>3)</sup> При выполнении расчетов длина колена принята равной 100 мм.



СУ и данным МС сокращена в пределах, допускаемых требованиями перечисления б) пункт 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005.

Необходимая минимальная относительная длина прямолинейного участка ИТ между «МС неопределенного вида», образованным группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), в соответствии данными колонок Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 при  $\beta = 0,7047$  должна быть равной:

$$L_B = \text{round} \left\{ \frac{48 - 45}{0,75 - 0,67} (0,7047 - 0,67) + 45 \right\} = 46$$

тогда

$$l_B = 46 \times 93,77 \text{ мм} = 4313,42 \text{ мм}$$

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 7800 мм, следовательно, длина прямолинейного участка перед СУ соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения 0,5 %.

#### В.3.4.3 Выводы

В данном примере длины прямолинейных участков ИТ соответствуют требованиям ГОСТ 8.586.2с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5%, обусловленной сокращением необходимого расстояния между диафрагмой и «МС неопределенного вида», образованного группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005).

### В.3.5 Пример №5

#### В.3.5.1 Исходные данные

Исходные данные приведены на схеме рисунка В.5 и в таблице В.7.

**Таблица В.7 – Исходные данные для примера №5**

|                                             |                                                                               |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| МС1                                         | Задвижка                                                                      |
| МС2                                         | 90° колено                                                                    |
| МС3                                         | МС неопределенного вида                                                       |
| Комбинация колен                            | Два 90° колена в одной плоскости, U-конфигурация<br>( $10D \leq l \leq 30D$ ) |
| Диаметр ИТ между МС1 и МС2<br>( $D_2$ ), мм | 95,04                                                                         |

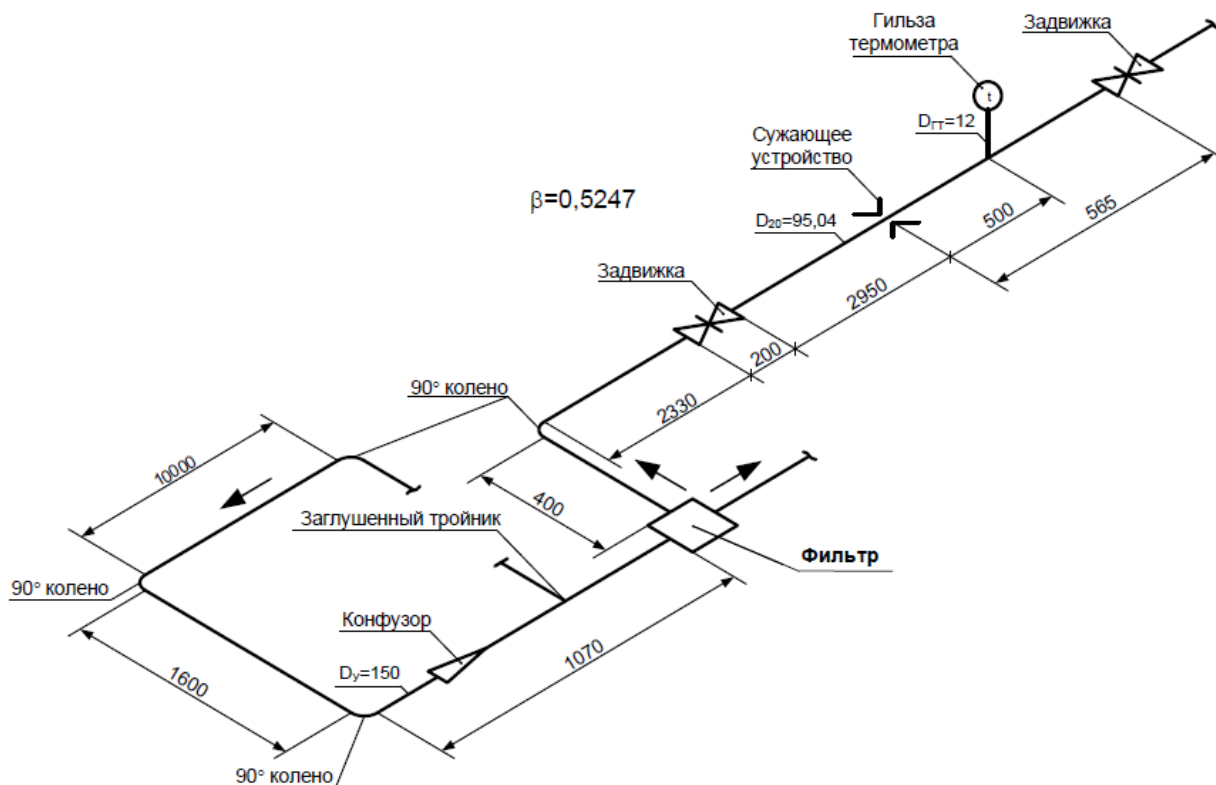


Рисунок В.5 – Схема ИТ (пример №5)

#### В.3.5.2 Порядок выполнения расчетов и их результаты

а) МС «Фильтр» отсутствует в перечне таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005, следовательно, его классифицируют как «МС неопределенного вида».

Расстояние между ближайшей к СУ парой колен равно 1600 мм =  $(1600 / 150) \cdot D' = 10,7D' < 30D'$ , а между другой, смежной парой колен 10000 мм =  $(10000 / 150) \cdot D' = 66,6D' > 30D'$ , где  $D'$  – диаметр участка ИТ между коленами. Тогда, согласно классификации видов МС по пункту А.1.2 ГОСТ 8.586.2-2005, необходимо рассматривать первую пару колен как МС вида «Два 90° колена в одной плоскости S или U-конфигурация ( $30D \geq l > 10D$ )».

б) отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ, проводится в соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

«МС неопределенного вида», если они не образованы группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), должны располагаться от диафрагмы при  $\beta=0,5247$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии:

$$L_A = \text{round} \left\{ \frac{84 - 76}{0,6 - 0,5} (0,5247 - 0,5) + 76 \right\} = 78$$

тогда

$$l_A = 78 \times 95,04 \text{ мм} = 7413,12 \text{ мм}$$

Расстояние от СУ до МС «Два 90° колена в одной плоскости S или U-конфигурация ( $10D \leq l \leq 30D$ )» с учетом длины всех звеньев ИТ и МС, расположенных между СУ и комбинацией колен, равно:

$$l_{\text{ГК}} = 2950 + 200 + 2330 + (95 + 100)^{4)} + 400 + 1070 = 7145 \text{ мм.}$$

В соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005, МС, расположенные до СУ на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», не учитываются. Так как МС1, МС2, МС3 и МС, образованное группой колен (МС «Два 90° колена в одной плоскости, U-конфигурация ( $10D \leq l \leq 30D$ )»), расположены перед СУ на расстоянии менее 7413,12, мм (рисунок В.5), то данные МС должны учитываться при определении длины прямолинейных участков ИТ.

в) МС, расположенное после СУ, не является симметричным резким сужением. В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005 МС должно находиться от диафрагмы при  $\beta = 0,5247$  на расстоянии:

$$L_{3\text{HA}} = \text{round} \left\{ \frac{7 - 6}{0,6 - 0,5} (0,5247 - 0,5) + 6 \right\} = 6$$

тогда

$$l_{3\text{HA}} = 6 \times 95,04 \text{ мм} = 570,04 \text{ мм}$$

Полученное значение длины превышает имеющуюся длину ИТ после СУ, равную 565 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ после диафрагмы не соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 для нулевой дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

В соответствии с данными колонки Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 и формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005, МС, размещенное после диафрагмы, при  $\beta = 0,5247$ , с учетом округления результата расчета до половины последнего разряда целого числа, должно находиться от нее на расстоянии:

$$L_{3\text{HB}} = \text{round} \left\{ \frac{3,5 - 3,0}{0,6 - 0,5} (0,5247 - 0,5) + 3 \right\} = 3$$

тогда

$$l_{3\text{HB}} = 3 \times 95,04 \text{ мм} = 285,12 \text{ мм}$$

Полученное значение длины превышает имеющуюся длину ИТ после СУ, равную 565 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ после диафрагмы соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5 %.

г) Для МС1 в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005  
при  $\beta_1 = 0,60$ ,  $L_1 = 14$ ;  
при  $\beta_2 = 0,50$ ,  $L_2 = 12$ .

В соответствии с формулой (6.1) ГОСТ 8.586.2-2005

$$L_{1\text{HA}} = \text{round} \left\{ \frac{14 - 12}{0,6 - 0,5} (0,5247 - 0,5) + 12 \right\} = 12$$

тогда

$$l_{1\text{HA}} = 12 \times 95,04 \text{ мм} = 1140,48 \text{ мм}$$

<sup>4)</sup> При выполнении расчетов длина колена принята равной 95 мм, а фильтра - 100 мм.

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 2330 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ перед СУ соответствует требованиям пункта 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

г) Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005. Расстояние между МС2 и МС3 равно  $400 \text{ мм} = (400/95,4) \cdot D_2 = 4,21D_2$ . Так как расстояние между МС2 и МС3 менее  $5D$ , то необходимо проверить, какое из данных МС требует больший прямолинейный участок ИТ.

По данным колонки А таблицы 4 при  $\beta = 0,67$  для МС2 требуется  $L_{1HA} = 44$ , а для МС3  $L_{1HA} = 89$ .

Так как МС3 требует больший прямолинейный участок ИТ, то минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ принимают равной:

$$L_{2HA} = L_{1HA} / 2 = 89/2 = 44,5,$$

тогда

$$l_{2HA} = 44,5 \cdot 95,04 = 4229,28 \text{ мм}.$$

Так как участок ИТ после СУ является сокращенным, то проверяют выполнение условий варианта 2 таблицы В.2.

Так как  $l_1 + l_2 = 2950 + 2330 = 5280 \text{ мм}$

$$l_{1HA} + l_{2HA} = 1140,48 + 4229,28 = 5369,76 \text{ мм}$$

$$l_3 = 565 \text{ мм}; l_{3HA} = 656,39 \text{ мм}, l_{3HB} = 656,39 \text{ мм},$$

то  $l_1 + l_2 < l_{1HA} + l_{2HA}$ ;  $l_1 \geq l_{1HA}$ ;  $l_{3HA} > l_3 \geq l_{3HB}$ , то есть условия варианта 2 таблицы В.2 не выполняются.

### **В.3.5.3 Выводы**

В данном примере длины прямолинейных участков ИТ сокращены более одного раза и, следовательно, измерительный трубопровод не соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005.

## **В.4 Составные (многозвенные и многониточные) измерительные трубопроводы**

### **В.4.1 Многозвенные измерительные трубопроводы**

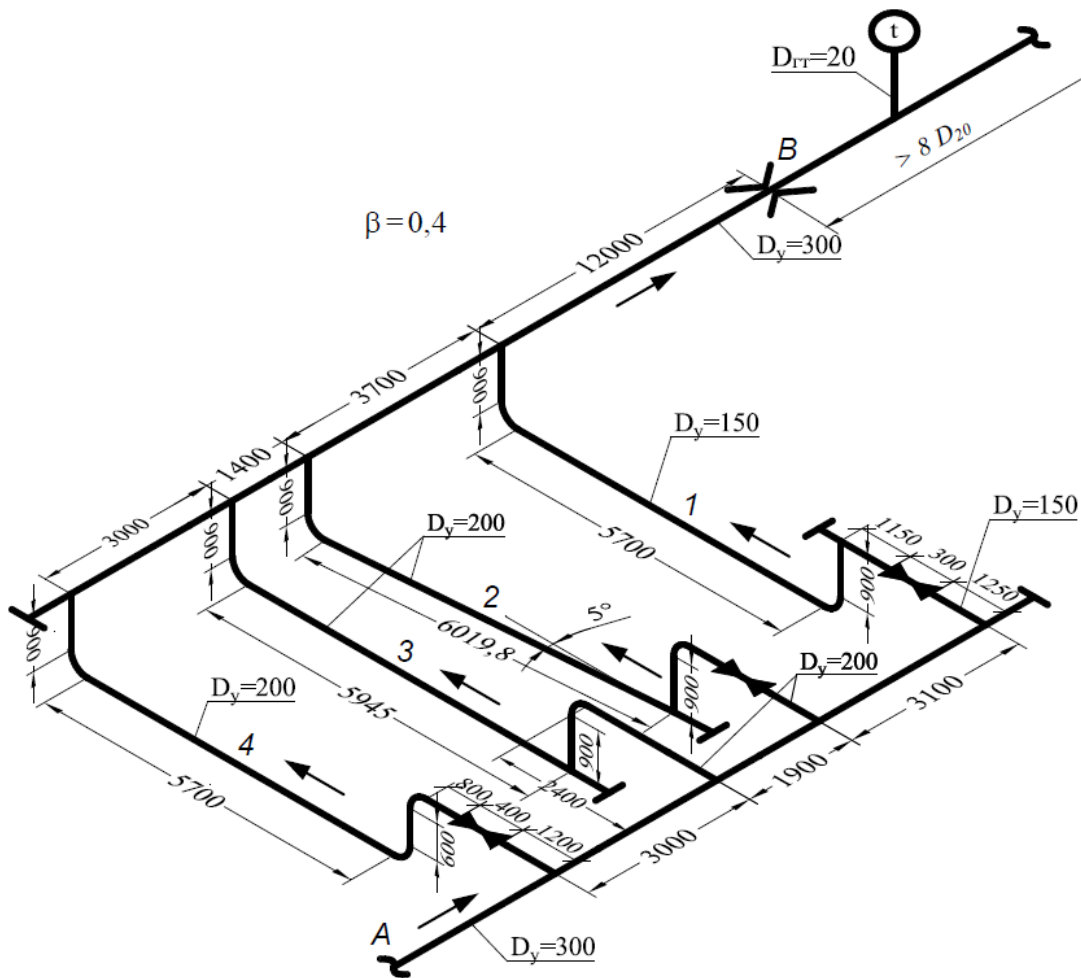
#### **В.4.1.1 Общие положения**

При проверке длины прямолинейных участков ИТ, содержащих МС вида «Смешивающий потоки тройник», следует рассмотреть отдельно все схемы ИТ, образованные возможными путями движения потока, условно считая их независимыми. Число таких схем, в общем случае, равно числу возможных путей движения потока.

Если дополнительная неопределенность возникает сразу в нескольких схемах ИТ, то такая неопределенность прибавляется только один раз.

#### **В.4.1.2 Пример №6**

В.4.1.2.1 Исходные данные приведены на схеме рисунка В.6.



**Рисунок В.6 – Схема ИТ (пример №6)**

На схеме видно, что поток, двигаясь от сечения А к сечению В, разделяется разветвляющимися тройниками на четыре потока, каждый из которых проходит одним из следующих путей: А1В; А2В; А3В; А4В.

В данном примере этап проверки длины прямого участка ИТ после СУ исключен, так как прямолинейный участок ИТ после СУ является общим звеном для всех путей движения потока, а его длина соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 при любом значении  $\beta$ .

В.4.1.2.2 Схема ИТ при движении потока по пути А1В, представлена на рисунке В.7.



«МС неопределенного вида», если оно не образовано группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), должно располагаться от диафрагмы при  $\beta=0,4$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии  $L_A=70$  или  $l_A=300 \cdot 70 = 21000$  мм.

В соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005 МС, расположенные до СУ на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», не учитываются. Так как МС1, МС2, МС3 расположены перед СУ на расстоянии менее 21000 мм (рисунок В.7), то должны учитываться при определении длин прямолинейных участков ИТ. В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 минимальная относительная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1 составляет  $L_{1нА} = 37$ , тогда  $l_{1нА} = 37 \cdot 300 = 11100$  мм.

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 12000 мм, следовательно, длина прямолинейного участка между МС1 и СУ соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения. Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005.

Расстояние между МС2 и МС3 больше  $5D$ , поэтому МС3 не накладывают дополнительных требований на длину участков между МС1 и МС2 (см. пункт 6.2.8, ГОСТ 8.586.2-2005).

Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2, в соответствии с требованиями перечисления а), пункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005, принимают:

- при нулевой дополнительной неопределенности коэффициента истечения

$$L_{2нА} = L_{1нА} / 2 = 44/2 = 22, \text{ или } l_{2нА} = 22 \cdot 150 = 3300 \text{ мм};$$

- при дополнительной неопределенности коэффициента истечения 0,5 %

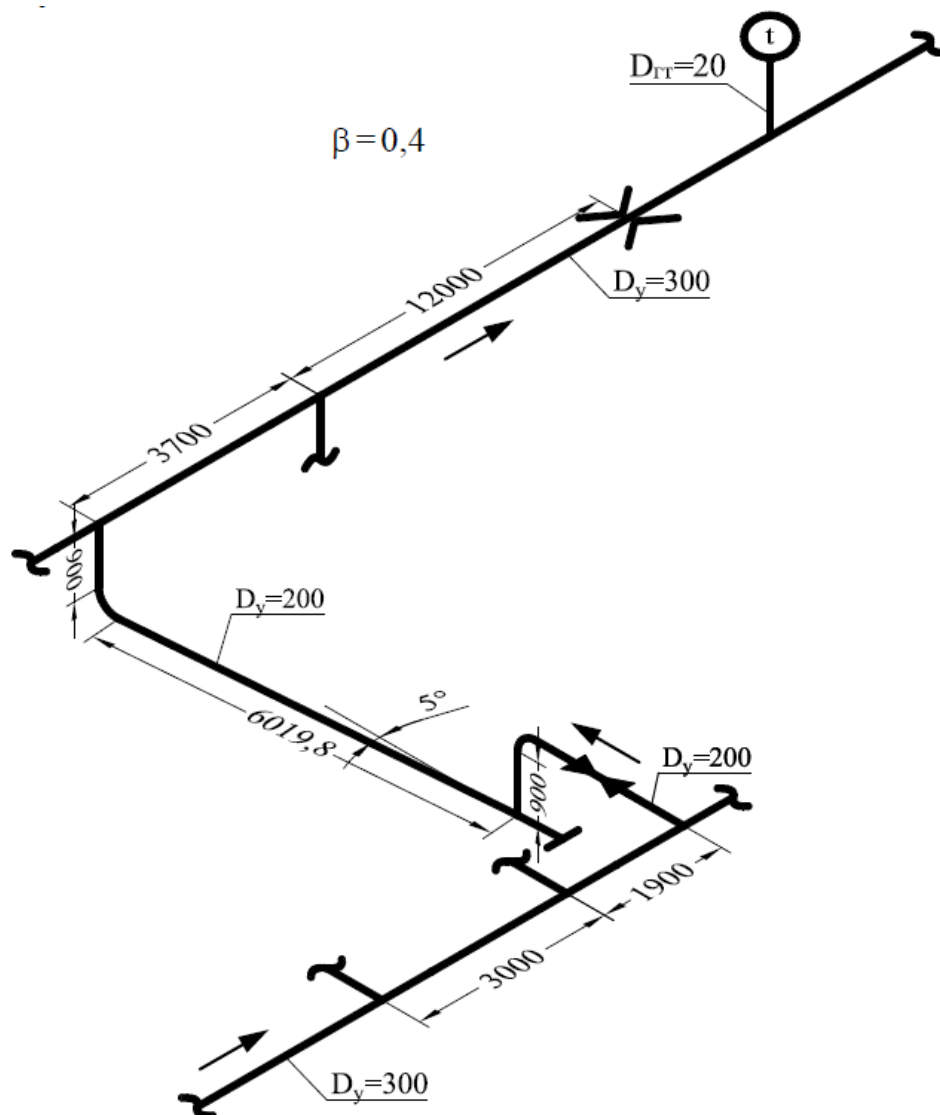
$$L_{2нБ} = L_{1нБ} / 2 = 20/2 = 10 \text{ или } l_{2нБ} = 10 \cdot 150 = 1500 \text{ мм}.$$

Проверяются выполнение условий вариантов таблицы В.2.

Согласно расчетам выполняются условия только варианта 3 таблицы В.2.

Таким образом, длина прямолинейных участков ИТ при движении потока по пути А1В соответствуют требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5%.

В.4.1.2.3 Схема ИТ при движении потока по пути А2В представлена на рисунке В.8.



**Рисунок В.8 – Схема ИТ при движении потока по пути A2B**

Простейшими (не составными) МС, расположенными до СУ в порядке их удаленности, являются МС следующего типа:

- МС1 и МС2 – «Смешивающий потоки тройник»;
- МС3 – «90°-колено»;
- МС4 – «Заглушенный тройник, изменяющий направление потока»;
- МС5 – «90°-колено».

В соответствии с требованиями подраздела А.7 ГОСТ 8.586.2-2005 МС4 и МС5 должны быть объединены в одно составное МС. Для классификации типа МС необходимо учесть следующее:

- расстояние между МС  $900 \text{ мм} < 10 \cdot 200 = 10D = 2000 \text{ мм}$ ;
- угол между плоскостью МС4 (тройника) и МС5 (колена) не превышает  $5^\circ$ .

Последнее означает, что допустимо пренебречь различием плоскостей тройника и 90° колена, и считать их расположенными в одной плоскости.

Следовательно, данное МС должно быть классифицировано как «Два 90° колена в одной плоскости S-конфигурации ( $l \leq 10D$ )». Остальные МС объединяться не должны.



Отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ, проводится в соответствии с рекомендациями пункта 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

«МС неопределенного вида», если оно не образовано группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), должно располагаться от диафрагмы при  $\beta=0,4$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии  $L_A=70$  или  $l_A=70 \cdot 300=21000$  мм.

Так как МС1, МС2, МС3 расположены перед СУ на расстоянии менее 21000 мм (рисунок В.8), то должны учитываться при определении длины прямолинейных участков ИТ.

Расстояние от СУ до МС «Два 90° колена в одной плоскости S- конфигурации ( $l \leq 10D$ )» с учетом длины всех прямолинейных участков ИТ и МС, равно:

$$l_{гк} = 12000 + 3700 + 900 + 200 + 6019,8 = 22819,8 \text{ мм}^5)$$

Так как МС «Два 90° колена в одной плоскости S-конфигурации ( $l \leq 10D$ )» расположено перед СУ на расстоянии более 21000 мм (рисунок В.8), то не должно учитываться при определении длины прямолинейных участков ИТ.

Участок между СУ и МС1 является общим для всех случаев (путей), поэтому, аналогично случаю А1В, длина прямолинейного участка между МС1 и СУ соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения. Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005.

Расстояние между МС2 и МС3 менее 5D, но МС3 (90°-колено) требует меньший прямолинейный участок, чем МС2 (смешивающий потоки тройник), поэтому третье МС не накладывает дополнительного требования на длину участка между МС1 и МС2.

Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2, в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005 принимают:

- при нулевой дополнительной неопределенности коэффициента истечения

$$L_{2нА} = L_{1нА} / 2 = 57/2 = 28,5 \text{ или } l_{2нА} = 28,5 \cdot 300 = 8550 \text{ мм};$$

- при дополнительной неопределенности коэффициента истечения 0,5 %:

$$L_{2нБ} = L_{1нБ} / 2 = 30/2 = 15 \text{ или } l_{2нБ} = 15 \cdot 300 = 4500 \text{ мм.}$$

Проверяется выполнение условий вариантов таблицы В.2

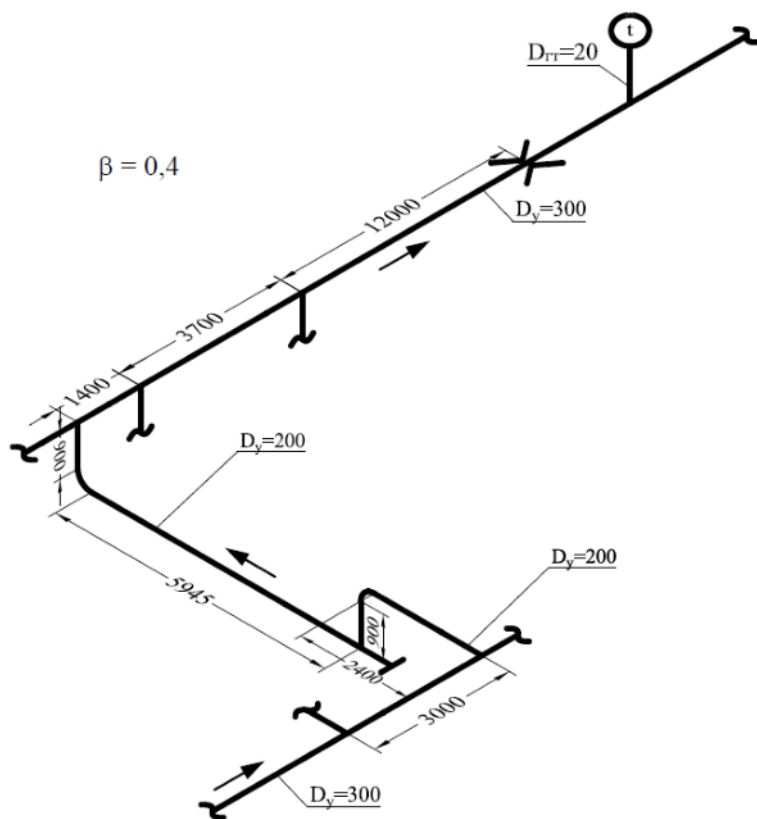
Расчеты показывают, что выполняются условия только варианта 3 таблицы В.2.

Таким образом, длина прямолинейных участков ИТ при движении потока по пути А2В соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5 %.

В.4.1.2.4 Схема ИТ при движении потока по пути А3В представлена на рисунке В.9.

---

<sup>5)</sup> При выполнении расчетов длина колена принята равной 200 мм.



**Рисунок В.9 – Схема ИТ при движении потока по пути АЗВ**

Простейшими (не составными) МС, расположенными до СУ в порядке их удаленности, являются МС следующего типа:

- МС1, МС2 и МС3 – «Смешивающий потоки тройник»;
- МС4 – «90°-колено»;
- МС5 – «Заглушенный тройник, изменяющий направление потока»;
- МС6 – «90°-колено».

В соответствии с требованиями подраздела А.2 ГОСТ 8.586.2-2005 МС2 и МС3 должны быть объединены в одно составное МС «Смешивающий потоки тройник».

В соответствии с требованиями подраздела А.7 ГОСТ 8.586.2-2005 МС5 и МС6 должны быть объединены в одно составное МС. Для классификации типа МС необходимо учесть, что расстояние между ними  $900\text{мм} < 10D = 2000\text{ мм}$ . Следовательно, данные МС должны быть классифицированы как «Два 90° колена в одной плоскости S-конфигурации ( $1 \leq 10D$ )», остальные МС в какие либо группы не объединяются.

Согласно требований подраздела А.1.4 ГОСТ 8.586.2-2005, колено, расположенное на расстоянии менее  $30D$  (в данном случае МС4) от группы колен, и данную группу колен объединяют в одно МС и классифицируют как «МС неопределенного вида». Однако, совмещенное МС, состоящее из МС5 и МС6, является «псевдогруппой колен», поэтому объединять данное МС с соседним МС4 «90° колено» в «МС неопределенного вида», образованного комбинацией колен, не следует.

На основании результатов проведенной классификации, в таблице В.8 приведены исходные данные для выполнения расчетов.

**Таблица В.8 – Исходные данные для выполнения расчетов**

| Номер<br>МС | Вид МС                                                                     | Расстояние от СУ до МС, мм              | Длина МС,<br>мм |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| 1           | смешивающий<br>поток тройник                                               | 12000                                   | 0               |
| 2           | смешивающий<br>поток тройник                                               | 12000+3700=15700                        | 1400            |
| 3           | 90°-колени                                                                 | 12000+3700+1400+900=18000               | 200             |
| 4           | два 90° колена в одной<br>плоскости<br>S- конфигурации<br>( $l \leq 10D$ ) | 12000+3700+1400+900+200+5945=<br>=24145 | -               |

Далее проводится отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ в соответствии с рекомендациями пункта 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

«МС неопределенного вида», если оно образовано группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), должно располагаться от диафрагмы при  $\beta=0,4$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии  $L_A=70$  или  $l_A=300 \cdot 70 = 21000$  мм.

В соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005, МС, расположенные до СУ на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», не учитываются. Так как МС1, МС2, МС3 (рисунок В.9) расположены перед СУ на меньшем расстоянии, а МС4 на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», то при определении длины прямолинейных участков ИТ учитываются только МС1, МС2, МС3.

Конфигурация исследуемого ИТ аналогична случаю А2В, поэтому величина требуемой минимальной длины прямолинейных участков ИТ совпадает с таковыми для предыдущего случая.

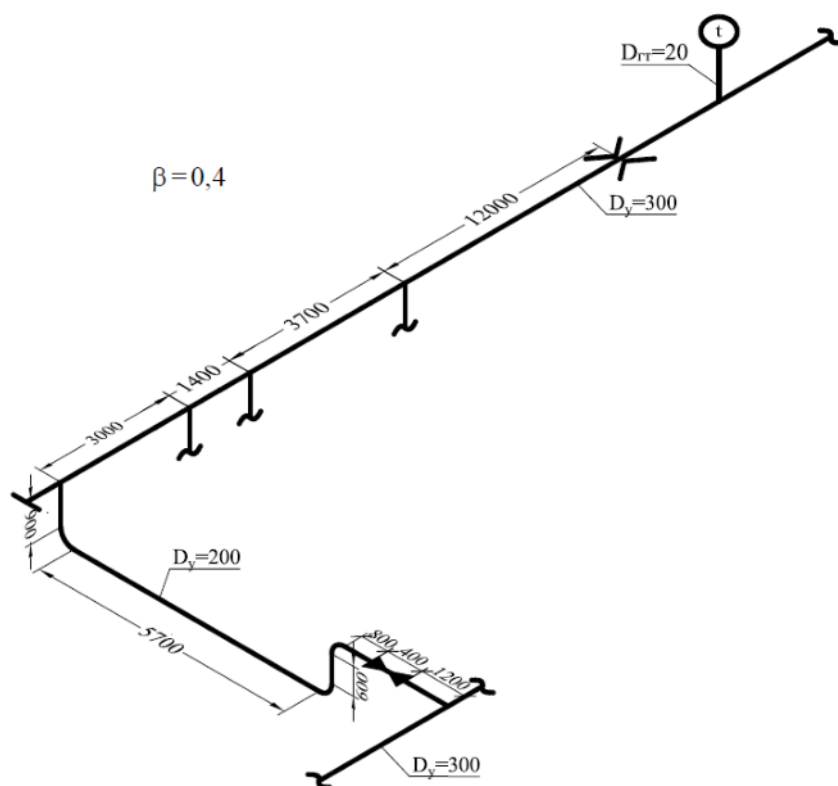
Результаты сравнения требуемых длин участков ИТ с фактическими длинами, указанными на схеме рисунка В.9, приведены в таблице В.9.

**Таблица В.9 – Результаты сравнения требуемых длин прямолинейных участков ИТ с фактическими**

| Участок ИТ              | Требуемая длина ИТ, мм                                         | Фактическая длина ИТ, мм | Результат сравнения                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Участок между СУ и МС1  | не менее<br>$l_{\text{нА}} = 11100$                            | 12000                    | Длина участка соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения                                                                                                                                                              |
| Участок между МС1 и МС2 | не менее<br>$l_{2\text{нА}} = 8550$<br>$l_{2\text{нБ}} = 4500$ | 3700                     | Участок между МС1 и МС2 сокращен. Однако выполняются условия варианта 3 таблицы В.2: $l_{1\text{нА}} + l_{2\text{нА}} > l_1 + l_2 \geq l_{1\text{нА}} + l_{2\text{нБ}}$ ; Поэтому длина участка соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности 0,5 % |

Таким образом, длины прямолинейных участков ИТ при движении потока по пути АЗВ соответствуют требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной 0,5% неопределенности коэффициента истечения.

В.4.1.2.5 Схема ИТ при движении потока по пути А4В представлена на рисунке В.10.



**Рисунок В.10 – Схема ИТ при движении потока по пути А4В**

Простейшими (не составными) МС, расположенными до СУ в порядке их удаленности, являются МС следующего типа:

- МС1, МС2 и МС3 – «Смешивающий потоки тройник»;
- МС4 – «Заглушенный тройник, изменяющий направление потока»;
- МС5, МС6 и МС7 – «90°-колено»;
- МС8 – «Задвижка»;
- МС9 – «Разветвляющий поток тройник».

В соответствии с требованиями подраздела А.2 ГОСТ 8.586.2-2005 МС2 и МС3 должны быть объединены в одно составное МС «Смешивающий потоки тройник».

В соответствии со схемой, приведенной на рисунке В.10, расстояние между последовательно размещенными 90° коленами (МС5, МС6 и МС7) менее  $30D = 30 \cdot 200 = 6000$  мм. В соответствии с требованиями подраздела А.1.4 ГОСТ 8.586.2-2005 данная группа колен должна классифицироваться как «МС неопределенного вида».

На основании результатов проведенной классификации в таблице В.10 приведены исходные данные для выполнения расчетов.

**Таблица В.10 – Исходные данные для выполнения расчетов**

| Номер МС | Вид МС                                                | Расстояние от СУ до МС, мм                 | Длина МС, мм |
|----------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------|
| 1        | смешивающий потоки тройник                            | 12000                                      | 0            |
| 2        | смешивающий потоки тройник                            | $12000 + 3700 = 15700$                     | 1400         |
| 3        | заглушенный тройник, изменяющий направление потока    | $12000 + 3700 + 1400 + 3000 = 20100$       | 200          |
| 4        | «МС неопределенного вида», образованное группой колен | $12000 + 3700 + 1400 + 3000 + 900 = 21000$ | -            |

Далее проводится отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длин прямолинейных участков ИТ в соответствии с рекомендациями пункта 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

«МС неопределенного вида», если оно образовано группой колен (см. подраздел А.1.4, ГОСТ 8.586.2-2005), должно располагаться от диафрагмы при  $\beta = 0,4$  в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии  $L_A = 70$  или  $l_A = 300 \cdot 70 = 21000$  мм.

В соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005, МС, расположенные до СУ на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», не учитываются. Так как МС1, МС2, МС3 (рисунок В.10) расположены перед СУ на меньшем расстоянии, а МС4 на расстоянии, не превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», то данные МС должны учитываться при определении длины прямолинейных участков ИТ.

В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 минимальная относительная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1 составляет  $L_{1нА} = 37$  или  $l_{1нА} = 37 \cdot 300 = 11100$  мм.

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 12000 мм, следовательно, длина прямолинейного участка между МС1 и СУ соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения. Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2, в соответствии с требованиями перечисления а), подпункта 2, пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005, принимают:

- при нулевой дополнительной неопределенности коэффициента истечения:

$$L_{2HA} = L_{1HA} / 2 = 57/2 = 28,5 \text{ или } l_{2HA} = 28,5 \cdot 300 = 8550 \text{ мм};$$

- при дополнительной неопределенности коэффициента истечения 0,5 %:

$$L_{2HB} = L_{1HB} / 2 = 30/2 = 15 \text{ или } l_{2HB} = 15 \cdot 300 = 4500 \text{ мм}.$$

Проверяются выполнение условий вариантов таблицы В.2.

Расчеты показывают, что выполняются только условия варианта 3 таблицы В.2. Таким образом, длина участка между МС1 и МС2 соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5%.

МС4 классифицировано как «МС неопределенного вида», образованное группой колен. В соответствии с требованиями перечисления б) пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005, рассчитывается необходимая минимальная длина участка ИТ между данным МС и СУ, и сравнивают ее с имеющейся длиной участка ИТ. В соответствии с данными колонок А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 необходимая минимальная относительная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и «МС неопределенного вида», образованным группой колен,  $L_A=70$ , тогда  $l_A=300 \cdot 70 = 21000$  мм. Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину (таблица В.10) следовательно, длина прямолинейного участка перед СУ соответствует требованиям перечисления б) пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005.

Таким образом, длина прямолинейных участков ИТ при движении потока по пути А4В соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5%.

В.4.1.2.6 В таблице В.11 приведены результаты проверок выполнения требований к длине прямолинейных участков ИТ по каждому пути движения потока.

**Таблица В.11 – Результаты проверок выполнения требований к длине прямолинейных участков**

| Путь движения потока | Соответствие ГОСТ | Дополнительная неопределенность |
|----------------------|-------------------|---------------------------------|
| <i>A1B</i>           | соответствует     | 0,5                             |
| <i>A2B</i>           | соответствует     | 0,5                             |
| <i>A3B</i>           | соответствует     | 0,5                             |
| <i>A4B</i>           | соответствует     | 0,5                             |

Из данных таблицы В.11 видно, что при всех вариантах движения потока длины прямолинейных участков соответствуют требованиям ГОСТ 8.586.2-2005.

В соответствии с требованиями раздела А.8 ГОСТ 8.586.2-2005, независимо от числа путей движения потока по участкам ИТ с сокращенными длинами, дополнительная составляющая неопределенности коэффициента истечения принимается равной 0,5%.

Таким образом, длина прямолинейных участков ИТ соответствуют требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5 %.

## В.4.2 Коллекторные системы

### В.4.2.1 Общие положения

В составе коллекторной системы имеется несколько СУ и, следовательно, несколько ИТ. Проверка выполнения требований к длине прямолинейных участков ИТ должна проводиться для каждого СУ. Как правило, коллекторные системы имеют одинаковую конфигурацию линий и приблизительно равные значения  $\beta$  для применяемых СУ. В настоящем подразделе рекомендаций в качестве примеров, с целью охвата большего числа вариантов компоновки МС на ИТ, проведена проверка длины прямолинейных участков ИТ коллекторной системы, имеющей отличия в значениях  $\beta$ .

### В.4.2.2 Пример №7

#### В.4.2.2.1 Исходные данные

Исходные данные приведены на схеме рисунка В.11 и в таблице В.12.

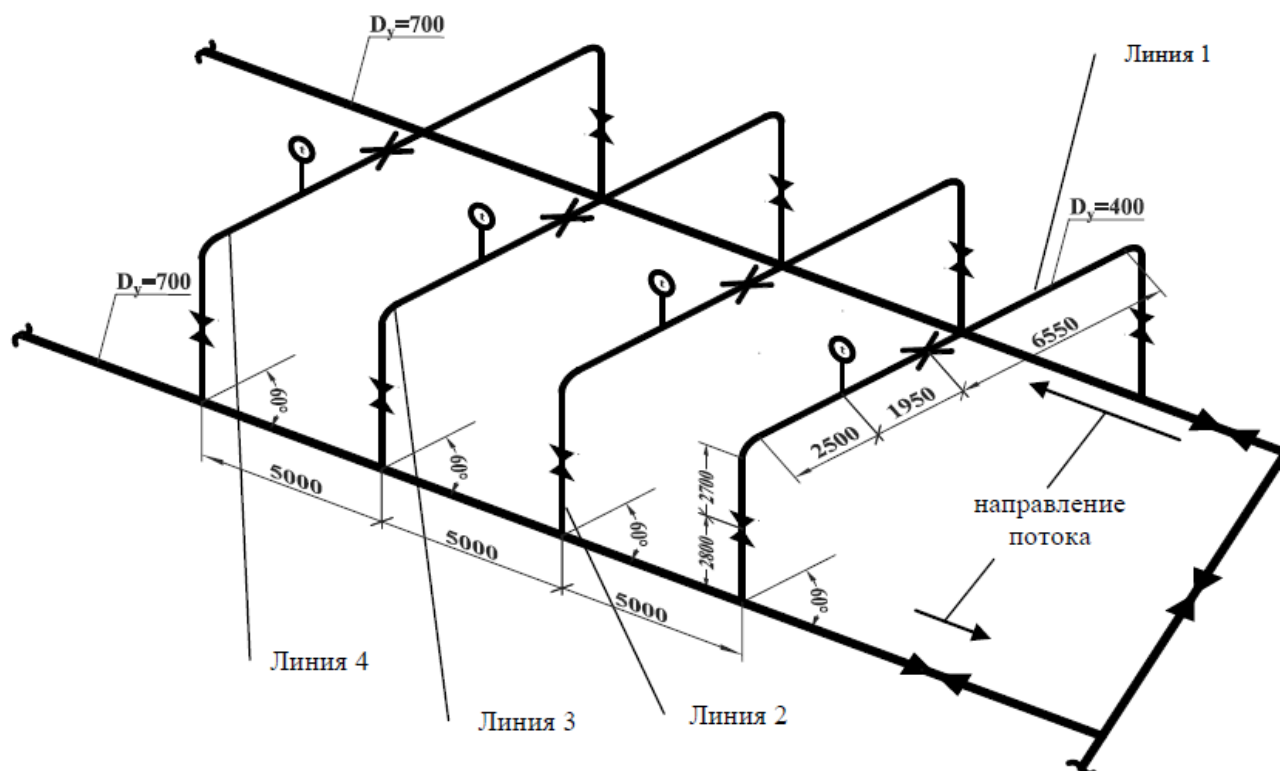


Рисунок В.11 – Схема коллекторной системы (пример №7)

В таблице В.12 приведен перечень простейших (не составных) МС, расположенных на ИТ в порядке их удаленности от СУ.

**Таблица В.12 – Исходные данные для примера №7**

| Наименование элемента ИТ или его параметра | Характеристика элемента ИТ и значение параметра для линий: |     |     |                                                    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----|-----|----------------------------------------------------|
|                                            | 1                                                          | 2   | 3   | 4                                                  |
| Диаметр ИТ перед диафрагмой, мм            | 400                                                        |     |     |                                                    |
| Относительный диаметр отверстия диафрагмы  | 0,4                                                        | 0,5 | 0,4 | 0,4                                                |
| МС1                                        | 90°- колено                                                |     |     |                                                    |
| МС2                                        | задвижка                                                   |     |     |                                                    |
| МС3                                        | разветвляющий поток тройник                                |     |     | заглушенный тройник, изменяющий направление потока |
| Диаметр ИТ между МС1 и МС2, мм             | 400                                                        |     |     |                                                    |

В соответствии с требованиями перечисления в), пункт 6.2.8, ГОСТ 8.586.2-2005, выход из коллектора и колено объединяются в одно МС. Однако, в рассматриваемом варианте размещения МС на ИТ, между выходом из коллектора и коленом установлена задвижка, поэтому в данном случае МС1 и МС3 не объединяют в одно МС. МС, образованные группой колен, на ИТ отсутствуют.

#### **В.4.2.2.2 Порядок выполнения расчетов и их результаты**

Отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ, проводится в соответствии с рекомендациями к п. 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

«МС неопределенного вида», если оно не образовано группой колен (см. подраздел А.1.4 ГОСТ 8.586.2-2005), должно располагаться от диафрагмы в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 на расстоянии:

- при  $\beta=0,4$   $L=70$  или  $l=70 \cdot 400=28000$  мм.
- при  $\beta=0,5$   $L=76$  или  $l=76 \cdot 400=30400$  мм.

Так как МС1, МС2 и МС3 (рисунок В.11) расположены перед СУ на меньшем расстоянии, то данные МС должны учитываться при определении длины прямолинейных участков ИТ.

В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 длина прямолинейного участка ИТ после от СУ должна быть не менее:

- при  $\beta=0,4$   $L_{3HA}=6$  или  $l_{3HA}=400 \cdot 6=2400$  мм;
- при  $\beta=0,5$   $L_{3HA}=6$  или  $l_{3HA}=400 \cdot 6=2400$  мм.

Полученное значение длины не превышает имеющуюся длину, равную 4450 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ после диафрагмы соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения. В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 минимальная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1 составляет:

- при  $\beta=0,4$   $L_{1HA}=16$  или  $l_{1HA}=6 \cdot 400=6400$  мм;
- при  $\beta=0,5$   $L_{1HA}=22$  или  $l_{1HA}=6 \cdot 400=8800$  мм.



В соответствии с данными колонки Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 минимальная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1 составляет:

- при  $\beta = 0,4$   $L_{1нБ} = 3$  или  $l_{1нБ} = 3 \cdot 400 = 1200$  мм;
- при  $\beta = 0,5$   $L_{1нБ} = 9$  или  $l_{1нБ} = 9 \cdot 400 = 3600$  мм.

Полученные значения длины  $l_{1нА}$  не превышают имеющуюся длину, равную 6550 мм, только при  $\beta = 0,4$ , следовательно, длина прямолинейного участка между МС1 и СУ на измерительных линиях 1, 3 и 4, где установлены диафрагмы с  $\beta = 0,4$ , соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

На измерительной линии 2, где установлена диафрагма  $\beta = 0,5$ , длина прямолинейного участка между МС1 и СУ соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5%, так как имеющаяся длина ИТ, равная 6550 мм, менее  $l_{1нА} = 8800$  мм, но превышает минимальную длину прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1, рассчитанную по данным колонки Б таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005.

Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с требованиями перечисления а) подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005.

Расстояние между МС3 и МС2 на всех измерительных линиях равно  $2800/400 = 7D$ . Так как расстояние между МС2 и МС3 более  $5D$ , то МС3 при определении длины участка ИТ между МС1 и МС2 не учитывается.

По данным таблицы 4 при  $\beta = 0,67$  для МС2:

$$L_{1нА} = 18 \text{ или } l_{1нА} = 18D_2 = 18 \cdot 400 = 7200 \text{ мм};$$

$$L_{1нБ} = 9 \text{ или } l_{1нБ} = 9D_2 = 9 \cdot 400 = 3600 \text{ мм}.$$

Тогда в соответствии с перечислением а), подпункта 2 пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005 принимают:

$$l_{2нА} = l_{1нА} / 2 = 7200 / 2 = 3600 \text{ мм};$$

$$l_{2нБ} = l_{1нБ} / 2 = 3600 / 2 = 1800 \text{ мм}.$$

Проверяется выполнение условий таблицы В.2.

На измерительных линиях 1, 3 и 4, где установлены диафрагмы с  $\beta = 0,4$ , длина прямолинейных участков ИТ удовлетворяют условию 3 таблицы В.2:

$$l_{1нА} + l_{2нА} = 6400 + 3600 > l_1 + l_2 = 6550 + 2700 \geq l_{1нА} + l_{2нБ} = 6400 + 1800;$$

$$l_1 = 6550 \geq l_{1нА} = 6400;$$

$$l_3 = 4450 \geq l_{3нА} = 2400$$

На измерительной линии 2, где установлена диафрагма с  $\beta = 0,5$ , длина прямолинейных участков ИТ не удовлетворяют ни одному варианту условий таблицы В.2.

#### **В.4.2.2.3 Выводы**

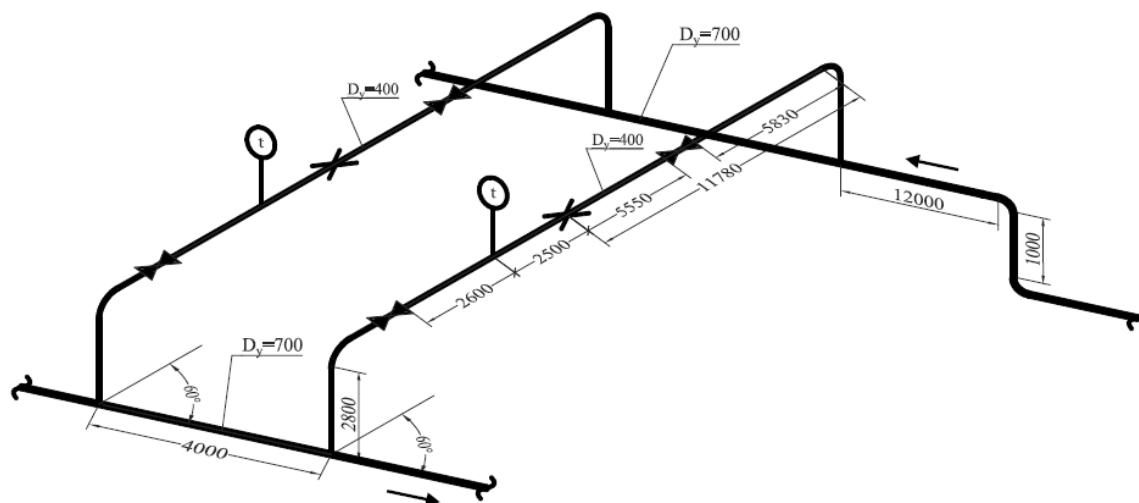
Длина прямолинейных участков ИТ на измерительных линиях 1, 3 и 4 соответствует ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5 %.

Длина прямолинейных участков ИТ на измерительной линии 2 не соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005.

#### **В.4.2.3 Пример №8**

##### **В.4.2.3.1 Исходные данные**

Исходные данные приведены на схеме рисунка В.12 и в таблице В.13.



**Рисунок В.12 – Схема коллекторной системы**

В таблице В.13 приведен перечень простейших (не составных) МС, расположенных на ИТ, в порядке их удаленности от СУ.

**Таблица В.13 – Исходные данные для примера №8**

| Наименование элемента ИТ или его параметра | Характеристика элемента ИТ и значение параметра для линий: |                                                    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                            | 1                                                          | 2                                                  |
| Диаметр ИТ до и после СУ, мм               | 400                                                        |                                                    |
| Относительный диаметр диафрагмы            | 0,5                                                        |                                                    |
| МС1                                        | шаровой кран                                               |                                                    |
| МС2                                        | 90°- колено                                                |                                                    |
| МС3                                        | разветвляющий поток тройник                                | заглушенный тройник, изменяющий направление потока |
| МС 4                                       | группа колен в одной плоскости                             | разветвляющий поток тройник                        |
| МС5                                        | -                                                          | группа колен водной плоскости                      |
| Диаметр ИТ между МС1 и МС2, мм             | 400                                                        |                                                    |

Все измерительные линии, расположенные между распределяющим и собирающим коллекторами, идентичны.

В соответствии с требованиями перечисления в) пункта 6.2.8 ГОСТ 8.586.2-2005, необходимо проверить возможность объединения выхода из коллектора и колена в одно МС. Расстояние от колена до коллектора, равное  $2500/400=6,25D$  менее  $16D$ , но превышает  $5D$ . В этом случае выход из коллектора и колено объединяют в одно МС,

которое должно классифицироваться как МС «Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ )».

На распределяющем коллекторе расположены два колена в одной плоскости, расстояние между которыми  $1000/700 = 1,42D$ . В соответствии с требованиями подраздела А.1.2 ГОСТ 8.586.2-2005, данное МС должно классифицироваться как МС «Два  $90^\circ$  колена в одной плоскости S - конфигурация ( $l \leq 10D$ )».

На основании результатов проведенной классификации в таблице В.14 приведены исходные данные для выполнения расчетов.

**Таблица В.14 – Исходные данные для выполнения расчетов**

| Номер МС                                                                                   | Измерительная линия 1                                                   |                             |                 | Измерительная линия 2                                                     |                                  |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------|
|                                                                                            | Вид МС                                                                  | Расстояние от СУ до МС, мм  | Длина МС, мм    | Вид МС                                                                    | Расстояние от СУ до МС, мм       | Длина МС, мм    |
| 1                                                                                          | шаровой кран                                                            | 5550                        | 400             | шаровой кран                                                              | 5550                             | 400             |
| 2                                                                                          | Два колена в разных плоскостях<br>$30D \geq l \geq 5D$                  | $5550+400+5830=11780$       | $2500+400=2900$ | два колена в разных плоскостях<br>$30D \geq l \geq 5D$                    | $5550+400+5830=11780$            | $2500+400=2900$ |
| 3                                                                                          | Два $90^\circ$ колена в одной плоскости S-конфигурация ( $l \leq 10D$ ) | $5550+400+5830+12000=23780$ | +               | разветвляющий поток тройник                                               | $5550+400+5830+4000=15780$       | 0               |
| 4                                                                                          | +                                                                       | +                           | +               | два $90^\circ$ колена в одной плоскости S - конфигурация ( $l \leq 10D$ ) | $5550+400+5830+4000+12000=27780$ | +               |
| * В примере данная информация при расчетах длины прямолинейных участков ИТ не используется |                                                                         |                             |                 |                                                                           |                                  |                 |

#### **В.4.2.3.2 Порядок выполнения расчетов и их результаты**

Отбор МС, которые необходимо учитывать при определении длины прямолинейных участков ИТ, проводится в соответствии с рекомендациями к пункту 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005.

«МС неопределенного вида», если оно не образовано группой колен (см. подраздел А.1.4 ГОСТ 8.586.2-2005), в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 должно располагаться от диафрагмы при  $\beta=0,5$  на расстоянии  $L_A = 76$  или  $l_A = 76 \cdot 400 = 30400$  мм

В соответствии с пунктом 6.2.9 ГОСТ 8.586.2-2005, МС, расположенные до СУ на расстоянии, превышающем необходимую минимальную длину прямолинейного участка ИТ для «МС неопределенного вида», не учитываются. Так как МС1, МС2, МС3 и МС4 (рисунок В.12) расположены перед СУ на меньшем расстоянии, то данные МС должны учитываться при определении длины прямолинейных участков ИТ.

В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 необходимая минимальная длина прямолинейного участка ИТ после СУ для  $\beta=0,5$  составляет  $L_{3HA} = 6$  или  $l_{3HA}=6 \cdot 400=2400$  мм

Длина  $l_{3HA}$  не превышает имеющуюся длину, равную 5100 мм, следовательно, длина прямолинейного участка ИТ после диафрагмы соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 (подраздел 6.2) без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

В соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 минимальная длина прямолинейного участка ИТ между СУ и МС1 при  $\beta=0,5$  составляет  $L_{1HA} = 12$  или  $l_{1HA}=12 \cdot 400=4800$  мм

Длина  $l_{1HA}$  не превышает имеющуюся длину, равную 5550 мм, следовательно, длина прямолинейного участка между МС1 и СУ на измерительных линиях 1 и 2 соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 без введения дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

Минимальную необходимую длину прямолинейного участка ИТ между МС1 и МС2 определяют в соответствии с ГОСТ 8.586.2-2005 (пункт 6.2.8, перечисление (а), пункт 2).

Расстояние между МС3 и МС2 на измерительной линии 1 равно  $12000/700=17,1D$ , а на измерительной линии 2 –  $4000/700=5,7D$ . Так как расстояние между МС2 и МС3 более  $5D$ , то МС3 не учитывают при определении длины участка ИТ между МС1 и МС2.

По данным таблицы 4 при  $\beta=0,67$  для МС2:

$$L_{1HA}=44 \text{ или } l_{1HA} = 44D_2=44 \cdot 400=17600 \text{ мм};$$

$$L_{1HB}=20 \text{ или } l_{1HB} = 20D_2=20 \cdot 400=8000 \text{ мм}.$$

В соответствии с требованиями перечисления (а) подпункта 2 пункта 6.2.8, ГОСТ 8.586.2-2005 принимают:

$$l_{2HA} = l_{1HA} / 2 = 17600/2 = 8800 \text{ мм};$$

$$l_{2HB} = l_{1HB} / 2 = 8000/2 = 4000 \text{ мм}.$$

Проверяется выполнение условий таблицы В.2.

Длины прямолинейных участков ИТ удовлетворяют условию 3 таблицы В.2:

$$l_{1HA} + l_{2HA}=4800+8800=13600 > l_1 + l_2=5500+5830=11330 \geq l_{1HA} + l_{2HB}=4800+4000=8800; \\ l_1=5500 \geq l_{1HA}=4800; l_3=5100 \geq l_{3HA}=2400.$$

Таким образом, на измерительных линиях 1 и 2 длина прямолинейных участков ИТ после СУ, а также между СУ и МС1, соответствует ГОСТ 8.586.2-2005 с нулевым значением дополнительной неопределенности коэффициента истечения, а между МС1 и МС2 – с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5%.

Псевдогруппа колен, которая была классифицирована как МС «Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ )», в соответствии с данными таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 должна быть размещена на расстоянии от СУ при  $\beta=0,5$ , равном:

- при нулевой дополнительной неопределенности коэффициента истечения

$$L_{ГКА} = 44 \text{ или } l_{ГКА} = 44 \cdot 400=17600 \text{ мм};$$

- при дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5 %

$$L_{ГКБ} = 18 \text{ или } l_{ГКБ} = 18 \cdot 400=7200 \text{ мм}.$$

Фактическая длина участка ИТ между диафрагмой и псевдогруппой колен, равная 11780 мм (таблица В.14), меньше  $l_{гкА}$ , но превышает  $l_{гкБ}$ , следовательно, длина участка между псевдогруппой колен и СУ на измерительных линиях 1 и 2 соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 с учетом дополнительной неопределенности коэффициента истечения, равной 0,5 %.

Группа колен, которая была классифицирована как МС «Два 90° колена в одной плоскости S - конфигурация ( $l \leq 10D$ )», в соответствии с данными колонки А таблицы 4 ГОСТ 8.586.2-2005 должна быть размещена на расстоянии от СУ при  $\beta=0,5$ , равном:

$$L_{гкА} = 22 \text{ или } l_{гкА} = 22 \cdot 400 = 8800 \text{ мм.}$$

Длина  $l_{гкА}$  не превышает имеющуюся длину (таблица В.14), равную 23780 мм для измерительной линии 1 и 27780 мм – для измерительной линии 2, следовательно, длина участка между СУ и МС «Два 90° колена в одной плоскости S - конфигурация ( $l \leq 10D$ )» соответствует требованиям подраздела 6.2 ГОСТ 8.586.2-2005 для нулевой дополнительной неопределенности коэффициента истечения.

#### **В.4.2.3.3 Выводы**

В данном примере длина прямолинейных участков ИТ не соответствует требованиям ГОСТ 8.586.2-2005 (подраздел 6.2) вследствие сокращения двух участков ИТ:

- между МС1 и МС2;
- между СУ и МС, классифицированным как МС «Два колена в разных плоскостях ( $30D \geq l \geq 5D$ )».



## Библиография

- [1] ISO 5167-1:2003 Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 1. Общие принципы и требования (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements).
- [2] ISO 5167-2:2003 Измерение расхода среды с помощью устройств переменного перепада давления, помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 2. Диафрагмы (Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 2: Orifice plates).
- [3] РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
- [4] РД 50-411-83 Методические указания Расход жидкостей и газов. Методика выполнения измерений с помощью специальных сужающих устройств.
- [5] МИ 3152 – 2008 Рекомендации по метрологии Государственная система обеспечения единства измерений. Расход и количество жидкостей и газов в трубопроводах большого диаметра. Методика выполнения измерений с помощью сужающих устройств.
- [6] ISO/TR 12767:2007 Измерение потока жидкости с помощью приборов с дифференциалом давлений. Руководство по эффекту отклонения от технических условий и рабочих условий, приведенных в ISO 5167 (Measurement of fluid flow of pressure differential devices – Guidelines on the effect of departure from the specifications and operating conditions given in ISO 5167).
- [7] Johansen, W.R. Effects of thin film of liquid coating orifice plate surfaces on orifice flowmeter performance, Report GRI-96/0375, Gas research institute, Dec., 1996.
- [8] Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. - М.: Машиздат, 1975, 559 с.
- [9] G. L. Morrison, J. Hauglie, R. E. DeOtte, Jr. Beta ratio, axisymmetric flow distortion and swirl effects upon orifice flow meters. Flow Meas.Instrum.,Vol. 6, No. 3, pp. 207-216,1995.
- [10] ISO/TR 9464:2008 Руководство по использованию стандарта ISO 5167:2003. (Guidelines for the use of ISO 5167:2003.)
- [11] Reader-Harris, M.J. and. Brunton, W.C. The effect of diameter steps in upstream pipework on orifice plate discharge coefficients . National Engineering Laboratory, East Kilbride, Scotland.
- [12] Немецкие стандарты DIN в 1952 году. Латунь потока со стандартными соплами, диафрагмами и соплами Вентури / / Правила измерения расхода VDI.Авг. 1971. 14 с.(Deutsche Normen DIN 1952. Durchflus – messung mit genormten Düsen, Blenden und Venturidüsen // VDI – Durchflussmessregeln. Aug.1971. 14 S.)
- [13] Zedan, M. F., and Teyssandier, R. G. (1984) The effect of recesses and protrusions on the discharge coefficient of a flange tapped orifice plate. ASME Winter Annual Meeting December 1984. Session: FE-1B-Symposium on differential pressure type fluid meters.
- [14] РМГ 63-2003 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации
- [15] РМГ 64-2003 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений.
- [16] Р Газпром 5.3-2009 Обеспечение единства измерений. Расчет теплофизических

свойств природного газа при давлениях до 25 МПа.

[17] ГСССД МР 113-2003 Определение плотности, фактора сжимаемости, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости влажного нефтяного газа в диапазоне температур 263...500 К при давлениях до 15 МПа

[18] ГСССД МР 118-2005 Методика расчета плотности, фактора сжимаемости, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости умеренно сжатых газовых смесей.

[19] ГСССД МР 135-2007 Расчет плотности, фактора сжимаемости, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости технически важных газов и смесей при температурах -40...+60С при давлениях до 5 МПа.

[20] George D.L., Morrow T.B. Metering research facility program, orifice meter operational effects: orifice meter flow measurement at low differential pressures, Topical Report No.00/0216, Gas Research Institute, Des Plaines, Illinois, February 2001

[21] Лепявко А.П. Неопределенность теплотехнических измерений. Конспект лекций. Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва, полиграфическая база АСМС, 2008 г., 40 с.

[22] Norman, R., Graham, P. and Drew, W.A. Effects of Acoustic Noise on Orifice Plates/ 3rd International Symposium on Fluid Flow Measurement, Gas Research Institute, San Antonio, TX, 1995.



**МКС**

**Ключевые слова:**

РАЗРАБОТЧИК  
ТОО «Стройинжиниринг Астана»

Директор

Руководитель разработки

Инженер 1 категории

Ведущий специалист 2 кат.