УТВЕРЖДАЮ

Зам.директора ВНИИР

_____ М.С.Немиров

"___" _____ 1988г.

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

Государственная система обеспечения единства измерений.

Расход воды.

Методика выполнения измерений сегментными диафрагмами.

МИ 1948-88

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

Всесоюзный научно-исследовательский институт расходометрии
ВНИИР

Казань
1988

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Московским ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени институтом инженеров железнодорожного транспорта им. Ф.Э.Дзержинского / М И И Т /

Всесоюзным ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательским институтом расходометрии / В Н И И Р /

ИСПОЛНИТЕЛИ М И И Т

Доцент, к.т.н. Б.М.Левин

Доцент, к.т.н. А.Н.Лопатин

Научн. сотр. И.М.Лопатина

ВНИИР

Заведующий лабораторией, к.т.н. П.А.Гаршин

Ст.научн.сотр., к.т.н. А.А.Личко

УТВЕРЖДЕНЫ ВНИИР "2" декабря 1988 г.

Настоящие рекомендации устанавливают методику выполнения измерений объемного расхода однородной жидкости, а также жидкости, несущей твердые частицы /пульпы/ в напорных трубопроводах диаметром 100...4000 мм с помощью сегментных диафрагм.

Положения настоящих рекомендаций обеспечивают возможность применения сегментных диафрагм без их индивидуальной градуировки.

По описанию принципа действия расходомеров с сегментными диафрагмами и дифманометрами настоящие рекомендации соответствуют РД 50-213-80, РД 50-411-83 и ИСО 5167-80.

I. Основные положения

I.I. Приведенные в рекомендациях положения справедливы при соблюдении следующих условий измерения:

характер движения потока на прямых участках трубопроводов до и после сужающего устройства должен быть стационарным56 ;

измеряемое вещество должно заполнять все поперечное сечение трубопровода перед сужающим устройством и за ним ;

фазовое состояние потока не должно изменяться при его течении через сужающее устройство ;

на поверхностях сужающего устройства не образуются отложения, изменяющие его конструктивные параметры и геометрию ;

температура измеряемой среды $0^{\circ}...50^{\circ}C$, давление до I МПа ;

плотность измеряемой среды не должна превышать величины $\rho_{п}$ = = I200 кг/м^3 /объемная концентрация водопесчаной пульпы не должна превышать величины $S \leq 0,12$, размеры частиц песка не должны быть более 5 мм, для других материалов твердых включений объемная концентрация может быть определена по формуле

$$S = \frac{\rho_{п} - \rho_{ж}}{\rho_{тв} - \rho_{ж}},$$

где $\rho_п$ – плотность пульпы, кг/м^3 ;

$\rho_ж$ – плотность жидкости, кг/м^3 ,

$\rho_{тв}$ – плотность твердых включений, кг/м^3).

I.2. Построение монтажно-компоновочных схем приборов измерения параметров измеряемой среды, а также монтаж и подключение дифманометров к соединительным линиям для измерения перепада давлений на сужающем устройстве выполняются в соответствии с РД 50-2I3-80 "Правила измерения расхода газа и жидкостей стандартными сужающими устройствами" и РД 50-4II-83 "Методические указания. Расход жидкостей и газов. Методика выполнения измерений с помощью специальных сужающих устройств".

I.3. Допустимые диапазоны значений относительных площадей отверстия m, характеризуемых отношением площадей отверстия диафрагмы и внутреннего сечения трубопровода, $m = 0,50...0,90$. Для диапазона $m = 0,I0...0,50$ и диаметров трубопроводов $D > I000$ мм расчет сегментных диафрагм проводить в соответствии с РД 50-4II-83 как и для труб диаметром $D = I000$ мм.

2. Основные уравнения расхода

2.I. В трубопроводе, по которому протекает вещество, устанавливают устройство, создающее местное сужение потока. Вследствие перехода части потенциальной энергии в кинетическую средняя скорость потока в суженном сечении повышается, в результате чего статическое давление в этом сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством. Разность этих давлений тем больше, чем больше расход протекающего вещества, и, следовательно, может служить мерой расхода.

2.2. Объемный расход жидкостей в общем виде вычисляют по формуле

$$Q_0 = \alpha m \sqrt{2} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \quad , \qquad (2.1)$$

где Q_0 - объемный расход, $м^3/с$;

α - коэффициент расхода сегментной диафрагмы;

D - внутренний диаметр трубопровода перед сужающим устройством при температуре t, м;

ΔP - перепад давлений среды при течении через сужающее устройство, Па;

ρ - плотность измеряемой среды в рабочих условиях, $кг/м^3$.

3. Коэффициент расхода

3.1. Сужающие устройства допускаются к применению только в той области чисел Рейнольдса, где коэффициент расхода α можно считать постоянным. Область постоянства α ограничена как нижним граничным числом Рейнольдса $Re_{min,гр}$, так и верхним граничным числом Рейнольдса $Re_{max,гр}$. Значения граничных чисел Рейнольдса в зависимости от относительной площади отверстия определяются по формуле (3.1) или по таблице 1:

при относительной площади отверстия $m = 0,5...0,9$

$$Re_{min,гр} = 10^5 (0,11875 - m + 3,12500\, m^2) \qquad (3.1)$$

Таблица 1

Значения граничных чисел $Re_{min,гр}$ $Re_{max,гр}$ для сегментных диафрагм

m	$Re_{min,гр}$	$Re_{max,гр}$	m	$Re_{min,гр}$	$Re_{max,гр}$
0,50	$0,4.10^5$	10^7	0,75	$1,13.10^5$	10^7
0,55	$0,51.10^5$	10^7	0,80	$1,32.10^5$	10^7
0,60	$0,64.10^5$	10^7	0,85	$1,53.10^5$	10^7
0,65	$0,79.10^5$	10^7	0,90	$1,75.10^5$	10
0,70	$0,95.10^5$	10^7			

3.2. Значения коэффициентов расхода α в зависимости от относительной площади отверстия сужающего устройства определяются по следующей формуле

$$\alpha = K_{п} K_{ш} K_{ф} \alpha_{и} , \qquad (3.2)$$

где $K_{п}$, $K_{ш}$ и $K_{ф}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие соответственно степень притупления входной кромки диафрагмы, шероховатость трубопроводов и способ отбора давления;

$\alpha_{и}$ - коэффициент расхода, соответствующий острой напорной кромке отверстия диафрагмы, отбору давления по угловому способу и гладким трубам, определяется по следующим формулам или по табл. приложения I :

при относительной площади отверстия $m = 0,5...0,7$

$$\alpha_{и} = 0,87357 - 0,96442\, m + 1,13855\, m^{2} \qquad (3.3)$$

при относительной площади отверстия $m = 0,7...0,9$

$$\alpha_{и} = -7,52120 + 30,64390\, m - 38,31611\, m^{2} + 16,33002\, m^{3} \qquad (3.4)$$

3.3. Для трубопроводов диаметром D > 300 мм поправочные коэффициенты на шероховатость стенок трубопроводов $K_{ш} = I$ и притупление напорной кромки $K_{п} = I$. Для трубопроводов диаметром D =100...300мм поправочный коэффициент на притупление кромки для однородной жидкости принимать равным $K_{п} = 1,008$; для пульпы $K_{п} = 1,011$. Расчет $K_{ш}$ рекомендуется проводить согласно РД 50-213-80.

3.4. Поправочный коэффициент на фланцевый способ отбора давления $K_{ф}$ определяется по формуле (3.5) или по таблице 2

$$K_{ф} = e^{(0,0126 + 0,0209\, \ell_{nm} + 0,782\, (\ell_{nm})^{2} + 0,1071\, (\ell_{nm})^{3})} \qquad (3.5)$$

Таблица 2

Поправочный коэффициент на фланцевый способ отбора давления $K_{ф}$

m	$K_{ф}$	m	$K_{ф}$	m	$K_{ф}$
0,50	I,000	0,65	I,010	0,80	I,011
0,55	I,005	0,70	I,010	0,85	I,011
0,60	I,008	0,75	I,010	0,90	I,011

4. Определение основных параметров потоков измеряемой среды

4.1. Определение перепада давлений в сужающем устройстве

4.1.1. При угловом способе отбора перепад давлений измеряют как разность между статическими давлениями, взятыми непосредственно у плоскостей сегментной диафрагмы в углах, образуемых последней со стенкой трубопровода. При фланцевом способе отбора перепад давления измеряют как разность между статическими давлениями, взятыми на расстоянии $D/8$ до и после сужающего устройства.

4.2. Определение температуры потока

4.2.1. Температуру среды измеряют на участке трубопровода перед сегментной диафрагмой или после нее. Допустимое расстояние от места установки гильзы термометра перед сужающим устройством выбирают согласно требованиям РД 50-411-83, табл. 6. Температуру после сужающего устройства измеряют на расстоянии не менее $5D_{20}$, но не более $10D_{20}$ от его заднего торца.

4.3. Определение плотности среды

4.3.1. Плотность жидкости при давлениях до 1 МПа следует определять в зависимости от температуры согласно приложения 3. Плотность пульпы следует определять прямым измерением с помощью плотномера класса не ниже 1,5.

4.4. Вычисление числа Re

4.4.1. Число Re вычисляют по формуле

$$Re = \frac{4\,Q_0\,\rho}{\pi\,D\,\mu} = \frac{4\,Q_0}{\pi\,D\,\nu}\,; \qquad (4.1)$$

где ρ – плотность измеряемой среды; кг/м^3 ;

μ – динамическая вязкость среды; Па.с ;

ν – кинематическая вязкость среды $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, м^2/с .

4.4.2. Динамическую вязкость μ измеряемой среды определяют в зависимости от температуры (приложение 4). При отсутствии данных значение вязкости измеряемой среды необходимо определять экспериментально.

5.Погрешности измерения расхода

5.I. Предельную относительную погрешность измерения расхода при доверительной вероятности, равной 0,95, определяют по формуле

$$\delta_Q = 2\sigma_Q \quad . \qquad (5.I)$$

Составляющей погрешностью или совокупностью составляющих погрешностей, равных или менее 30% результирующей погрешности, пренебрегают.

5.2. Среднюю квадратическую относительную погрешность измерения объемного расхода определяют по формуле

$$\sigma_Q = \left[\sigma_\alpha^2 + \left(1 + \frac{m^2}{\alpha}\right)^2 (0{,}75\sigma_H + 0{,}25m\sigma_{D_{20}})^2 + 4\left(\frac{m}{\alpha}\frac{\partial\alpha}{\partial m}\right)^2 \sigma_{D_{20}}^2 + 0{,}25\,\sigma_\rho^2 + \sigma_{\sqrt{\Delta p}}^2\right]^{0{,}5} \qquad (5.2)$$

5.2.I. Значение средней квадратической относительной погрешности коэффициента расхода сегментной диафрагмы следует определять согласно РД 50-4II-83 по формуле

$$\sigma_\alpha = 0{,}6 + I{,}5\ m^2 \quad . \qquad (5.3)$$

5.2.2. Значение средней квадратической относительной погрешности измерения высоты сегмента H определяется по формуле

$$\sigma_H = 50\,\frac{\Delta H}{H}\ , \qquad (5.4)$$

где ΔH - отклонение действительной высоты H сегмента от расчетного значения. Значение σ_H не должно превышать 0,I5.

5.2.3. Значение средней квадратической относительной погрешности измерения диаметра $\sigma_{D_{20}}$ определяется согласно РД 50-4II-83 по формуле

$$\sigma_{D_{20}} = 50\,\frac{\Delta D}{D_{20}} \qquad (5.5)$$

где ΔD - отклонение действительного диаметра D от его расчетного значения. Значение $\sigma_{D\,20}$ выбирается из требований к погрешности измерений расхода в пределах от 0,05 до 0,3%.

5.2.4. Значение $\frac{\partial\alpha}{\partial m}$ определяют по формулам :

при относительной площади отверстия $m = 0{,}50...0{,}70$

$$\frac{\partial\alpha}{\partial m} = -0{,}96442 + 2{,}27710\ m\ ; \qquad (5.6)$$

при относительной площади отверстия $m = 0,7...0,9$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial m} = 30,64330 - 76,63222\,m + 48,99006\,m^2 \quad . \qquad (5.7)$$

5.2.5. Среднюю квадратическую относительную погрешность определения плотности воды σ_ρ в зависимости от ее температуры (приложение 3) следует определять в процентах как половину шага плотности $\Delta\rho$, соответствующего значению рабочей температуры измеряемой среды, отнесенную к значению плотности воды при 20°С. При использовании таблицы приложения 3 максимальная $\sigma_{\rho в}$ составит 0,1%.

5.2.6. Среднюю квадратическую относительную погрешность определения плотности пульпы $\sigma_{\rho п}$, измеряемую специальными плотномерами в зависимости от концентрации взвеси и температуры, следует определять в процентах как половину наименьшего деления шкалы плотномера, отнесенную к измеренной плотности

$$\sigma_{\rho п} = 50\ \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot s_\rho \quad , \qquad (5.8)$$

где s_ρ - класс точности плотномера или цена деления шкалы.

5.2.7. Среднюю квадратическую относительную погрешность измерений перепадов давлений следует определять в процентах от максимального расхода:

$$\sigma_{\sqrt{\Delta p}} = 0,5\ \frac{Q_{max}}{Q_i} \cdot s_{\sqrt{\Delta p}} \quad , \qquad (5.9)$$

где Q_{max} и Q_i - максимальный расчетный и измеряемый в любой точке рабочего диапазона расходы, соответственно в $м^3/с$ или $м^3/ч$;

$s_{\sqrt{\Delta p}}$ - класс точности дифманометра.

6. Требования к сужающим устройствам - сегментным диафрагмам

6.1. Общие требования

6.1.1. Неперпендикулярность входного торца сужающего устройства к оси трубопровода не должна превышать $\pm 1^\circ$ в угловых единицах.

6.1.2. Неплоскостность, характеризуемая высотой волны входной торцевой плоскости сужающего устройства, не должна превышать $0,005D_{20}$.

При этом длина волны должна пре[illegible]вать высоту не менее чем в 200 раз.

6.I.3. На кромке сегментной диафрагмы при визуальном обследовании не должно быть заметно зазубрин, выбоин и т.п.

6.I.4. Наименьшую необходимую толщину E сегментных диафрагм при перепаде давления $\Delta p \geq$ I5700 Па следует определять расчетным путем, исходя из условий механической прочности сегмента, пользуясь следующей зависимостью

$$\frac{E}{D_{20}} = 0{,}43\left\{\frac{1{,}5\,\Delta p}{\sigma_в}\left[(3+\mu_0)-(1-\mu_0)m-2(1+\mu_0)\frac{m}{1-m}\ln\frac{1}{m}\right]\right\}^{0{,}5}, \qquad (6.I)$$

где D_{20} - внутренний диаметр трубопровода перед сужающим устройством при температуре 20°С ;

μ_0 - коэффициент Пуассона ;

$\sigma_в$ - предел прочности в Па при растяжении, соответствующий температуре измеряемой среды.

При $\Delta p <$ I5700 Па принимать $\frac{E}{D_{20}}$ равным как при $\Delta p =$I5700Па.

6.I.5. Параллельность торцовых поверхностей сужающих устройств оценивают по результатам измерения толщины E - разность значения E в любых двух точках не должна превышать $0{,}005\,D_{20}$.

6.I.6. Отверстия для отбора давлений необходимо делать со стороны, противоположной отверстию сужающего устройства, на оси симметрии сегментной диафрагмы. Максимальное допустимое отклонение оси отверстия отбора давления от диаметра, являющегося осью симметрии сегментной диафрагмы, ± I0°.

6.I.7. Диаметр отверстий отбора давления должен находиться в пределах $c/D = 0{,}0I...0{,}02$. Одновременно должно соблюдаться условие: $c \leq$ I...I2 мм.

6.2. Сегментная диафрагма представлена на рис. I. Если сегментная диафрагма применяется для взвесенесущих потоков, то ее отверстие необходимо располагать в нижней части поперечного сечения горизонтальной трубы. В случае использования диафрагмы для измерения расхода жидкостей, из которых могут выделяться газы, отверстие располагают в верхней части поперечного сечения горизонтальной трубы.

Сегментная диафрагма

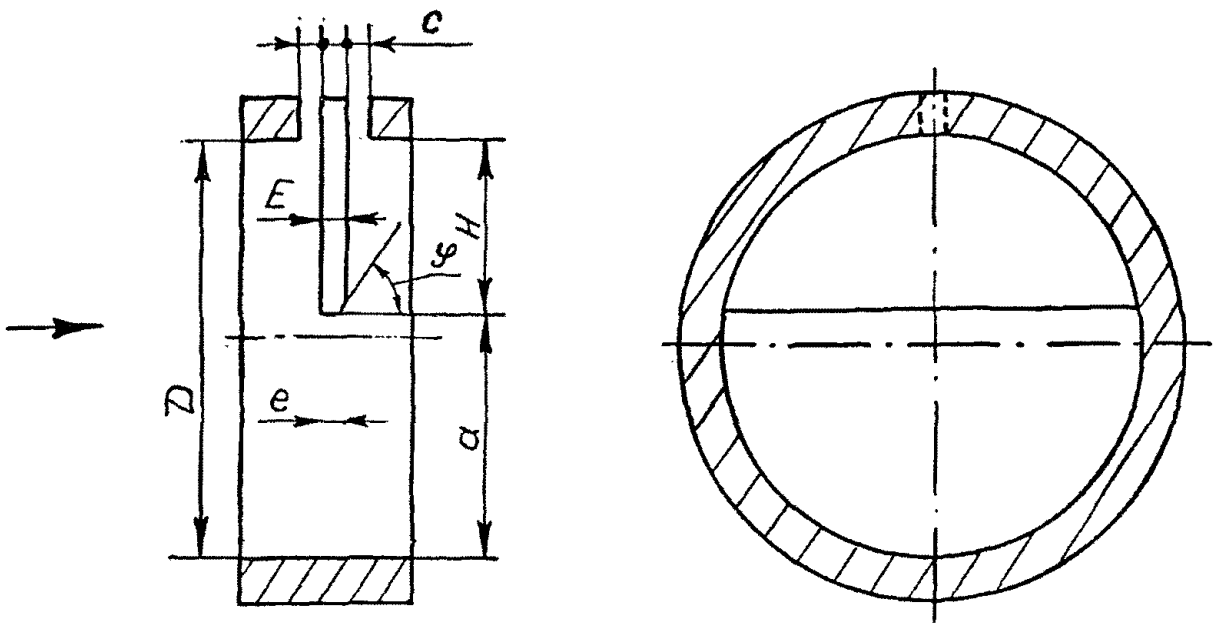


Рис. I

6.2.1. Толщина E диафрагмы не должна превышать $0{,}05D_{20}$, расчет E необходимо проводить в соответствии с п. 6.1.4.

Длина цилиндрического отверстия должна находиться в пределах $e/D_{20} = 0{,}005...0{,}02$.

У сегментных диафрагм толщиной E более $0{,}02D_{20}$ цилиндрическое отверстие должно переходить в коническую часть. Угол φ наклона конуса должен быть не менее 30^0, но не более 45^0.

6.2.2. Расчетные значения m, a и H следует определять по формулам (6.2) и (6.3) или по таблице приложения I

$$m = \frac{1}{\pi}\left[\arccos\left(1-\frac{2a}{D}\right) - 2\left(1-\frac{2a}{D}\right)\sqrt{\frac{a}{D}-\left(\frac{a}{D}\right)^2}\right] \qquad (6.2)$$

$$H = D - a \qquad (6.3)$$

6.2.3. Измеренные значения a и H должны отличаться от расчетных не более, чем на 0,3%.

6.2.4. Диафрагмы должны изготавливаться из коррозионностойких и эррозионностойких материалов. По согласованию с потребителем допускается изготовление диафрагмы из других материалов.

6.2.5. Проточную часть сегментных диафрагм необходимо изготавливать способом, обеспечивающим следующие числовые значения параметра шероховатости:

$Ra < 2{,}5$ мкм для $D < 300$ мм ;

$Ra < 6{,}3$ мкм для $D = 300...1000$ мм ;

$Ra < 12{,}5$ мкм для $D = 1000...2000$ мм ;

$Ra < 20{,}0$ мкм для $D = 2000...3000$ мм ;

$Ra < 40{,}0$ мкм для $D = 3000...4000$ мм .

Параметр шероховатости Ra торцовых поверхностей диафрагмы должен лежать в следующих пределах :

$Ra < 4{,}0$ мкм для $D < 300$ мм ;

$Ra < 12{,}5$ мкм для $D = 300...1000$ мм ;

$Ra < 40{,}0$ мкм для $D > 1000$ мм.

7. Потеря давления

7.I. Потеря давления $P_п$ в сужающем устройстве выражается как часть перепада давления и определяется согласно разд.7 Методических указаний РД 50-4II-83. В тех случаях, когда в системе ограничивается потери давления, создаваемые установкой расходомера, величина перепада давления на сужающем устройстве Δp определяется по формуле

$$\Delta p = P_п \frac{1 - \alpha m}{1 + \alpha m} . \qquad (7.I)$$

8. Установка специальных сужающих устройств

8.I. Способ крепления сужающего устройства должен обеспечивать возможность периодического осмотра с целью проверки соответствия его требованиям настоящих рекомендаций, а также РД 50-4II-83. При $D = 100...300$ мм сегментную диафрагму целесообразно укреплять между разъемными фланцами, при $D > 300$ мм - ниже диафрагмы по течению предусматривать устройство смотрового люка. Установка сегментной диафрагмы должна производиться в соответствии со схемой, приведенной в приложении 2.

8.2. Участки трубопроводов, на которых допускается установка расходомеров с сегментными диафрагмами, для обеспечения необходимой точности измерений должны удовлетворять определенным требованиям. Длина прямолинейных участков трубопроводов должна соответствовать требованиям РД 50-4II-83 к допускаемым расстояниям до ближайших местных гидравлических сопротивлений при $m \le 0,65$, а при $m > 0,65$ должна соответствовать ее значению при $m = 0,65$.

8.3. Участок трубопровода должен быть цилиндрическим с круглым сечением. Отклонения от среднего диаметра трубопровода по результатам измерений в четырех диаметральных направлениях в трех поперечных сечениях - непосредственно в плоскости диафрагмы и на расстоянии $2D$ от нее - не должны превышать $\pm 0,3\%$ при $m = 0,5...0,9$.

8.4. На внутренних стенках участка трубопровода не должно быть отложений, наростов или раковин, выступающих более, чем на 0,005D и искажающих его конструктивные параметры и геометрию.

9. Расчет сегментного сужающего устройства

9.I. Подбор размеров диафрагмы и типа дифманометра производится в зависимости от исходных значений диаметра трубопровода, диапазона изменения расхода, температуры и плотности измеряемой среды и диапазона измерений дифманометра. Методы расчетов при подборе должны соответствовать РД 50-4II-83.

9.2. Расчет расходомера при известных значениях исходных данных может производиться следующим образом.

9.2.I. При заданном номинальном перепаде давления имеющегося дифманометра определяется величина относительной площади отверстия диафрагмы и ее параметры. Пример расчета параметров сегментной диафрагмы приведен в приложении 5.

9.2.2. Если при установке расходомера необходимо предельно ограничить потери давления, то величина перепада давления на сегментной диафрагме Δp принимается равной $\Delta p = I000$ кгс/м^2 или $\Delta p = I600$ кгс/м^2, что соответствует ГОСТ I8I40-77. Расчет параметров сегментной диафрагмы проводят аналогично п. 9.2.I.

I0. Поверка расходомера

I0.I. Расходомеры с сегментными диафрагмами допускаются к эксплуатации после проведения первичной и периодических поверок, осуществляемых государственной или ведомственной метрологической службой в соответствии с РД 50-4II-83, ГОСТ 8.5I3-84 и ГОСТ 8.I46-75.

I0.2. Технический паспорт расходомера составляется после про-

ведения первичной поверки по форме, установленной в РД 50-4II-83 и ГОСТ 2.60I-68. К техническому паспорту расходомера должны быть приложены паспорта дифманометра и диафрагмы.

I0.3. После монтажа составных частей расходомера параметры их должны быть измерены для сопоставления с их расчетными величинами. Средства измерения, применяемые для контроля параметров и геометрических размеров составных частей расходомеров с сегментными диафрагмами, должны соответствовать расчетным значениям контролируемых параметров и размеров и иметь основную погрешность, не превышающую I/3 соответствующего допуска на размер.

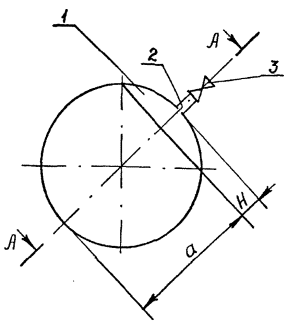
Просим замечания, пожелания и вопросы, требующие дополнительного разъяснения, а также материалы по опыту внедрения рекомендаций направлять по адресу: I03055 Москва, ул. Образцова, I5. МИИТ. Кафедра "Гидравлика и водоснабжение"

Приложение I
Обязательное

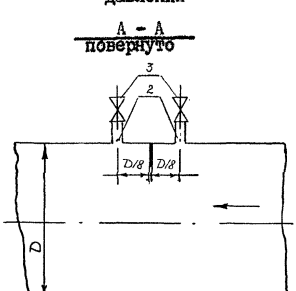
Значения коэффициента расхода α_u и произведения $\alpha_u m$ в зависимости от величины относительной площади m отверстия и высоты сегмента H/D сегментной диафрагмы

m	$\frac{H}{D}$	α_u	$\alpha_u m$	m	$\frac{H}{D}$	α_u	$\alpha_u m$
0,50	0,500	0,6732	0,3366	0,7I	0,332	0,7652	0,5433
0,5I	0,492	0,6779	0,3457	0,72	0,323	0,7742	0,5574
0,52	0,484	0,6799	0,3536	0,73	0,3I5	0,7825	0,57I3
0,53	0,476	0,6822	0,36I6	0,74	0,306	0,7904	0,5849
0,54	0,468	0,6848	0,3698	0,75	0,298	0,7978	0,5984
0,55	0,46I	0,6876	0,3782	0,76	0,289	0,8050	0,6II8
0,56	0,453	0,6905	0,3867	0,77	0,28I	0,8II9	0,625I
0,57	0,445	0,6938	0,3954	0,78	0,272	0,8I86	0,6385
0,58	0,437	0,6972	0,4044	0,79	0,263	0,8254	0,652I
0,59	0,429	0,7009	0,4I35	0,80	0,254	0,8323	0,6658
0,60	0,42I	0,7048	0,4229	0,8I	0,245	0,8393	0,6798
0,6I	0,4I3	0,7089	0,4324	0,82	0,236	0,8466	0,6942
0,62	0,405	0,7I33	0,4422	0,83	0,227	0,8542	0,7090
0,63	0,397	0,7I79	0,4523	0,84	0,2I7	0,8624	0,7244
0,64	0,389	0,7227	0,4625	0,85	0,207	0,87I0	0,7404
0,65	0,38I	0,7277	0,4730	0,86	0,I98	0,8804	0,7572
0,66	0,373	0,7330	0,4838	0,87	0,I88	0,8905	0,7748
0,67	0,365	0,7385	0,4948	0,88	0,I78	0,90I5	0,7933
0,68	0,357	0,7442	0,506I	0,89	0,I67	0,9I35	0,8I30
0,69	0,348	0,7502	0,5I76	0,90	0,I57	0,9265	0,8338
0,70	0,340	0,7564	0,5295				

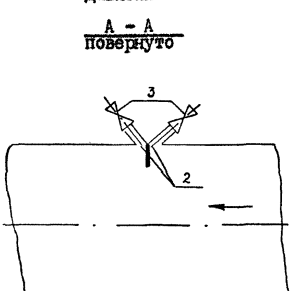
Приложение 2
Обязательное



Фланцевый способ отбора давлений



Угловой способ отбора давлений



I - сегментная диафрагма ;
2 - отверстия для отбора давлений ;
3 - штуцеры для отбора давлений .

Приложение 3
Обязательное

Значения плотности воды в зависимости от ее температуры

Температура воды, °С	Плотность воды, кг/м³	Температура воды, °С	Плотность воды, кг/м³
0	999,90	30	995,83
5	I000,20	35	994,2I
I0	999,93	40	992,39
I5	999,32	45	990,38
20	998,42	50	988,20
25	997,24		

Приложение 4
Обязательное

Динамическая вязкость воды в зависимости от ее температуры

Температура воды, °С	5	I0	I5	20	25	30	35	40	45	50
Динамическая вязкость воды, μ микроПа·с	I5I9	I307	II39	I003	890,7	797,7	7I9,6	653,2	596,3,	547,I

Приложение 5

Пример расчета сегментной диафрагмы для измерения объемного расхода воды

I. З А Д А Н О :

Q_{max} = 17190 м³/ч = 4,775 м³/с ;

Q_{min} = 6532 м³/ч = 1,814 м³/с .

Избыточное давление $P_и$ = 6,5 кгс/см² = 0,65 МПа

Температура воды t = 10°С

Внутренний диаметр трубопровода при t = 20°С D_{20} = 1,4 м

Материал трубопровода : сталь 20

Материал сужающего устройства : сталь IXI8H9T

Дифманометр: ДМЭР-М , ΔP = 4000 кгс/м² = 0,04 МПа

Основная допускаемая погрешность прибора $\delta_{\Delta P}$ = 1,0%

Результаты определения вспомогательных и расчетных величин сведены в таблицу.

№	Определяемая величина	Номера пунктов, формул, рис., табл., прилож.	Расчет	Результат
1	2	3	4	5
	I. Проверка условий выполнения измерений при заданных условиях			
I.I.	Определение минимального числа Рейнольдса, Re_{min}	п.3.I; прилож. 3, 4; табл.I	$Re_{min} = \frac{4\,Q_{min}\,\rho}{\pi\,D\,\mu} = \frac{4 \cdot 1,814 \cdot 999,93}{\pi \cdot 1,4 \cdot 1307,10^{-6}} =$	$Re_{min} = 1,26 \cdot 10^6$ $Re_{min} > Re_{min,гр}$ для любого m
I.2.	Определение максимального числа Рейнольдса, Re_{max}	п.3.I; прилож. 3, 4; табл.I	$Re_{max} = \frac{4\,Q_{max}\,\rho}{\pi\,D\,\mu} = \frac{4 \cdot 4,775 \cdot 999,93}{\pi \cdot 1,4 \cdot 1307,10^{-6}} =$	$Re_{max} = 3,39 \cdot 10^6$ $Re_{max} < Re_{max,гр}$ Ограничений по Re для выбора m нет
	2. Определение предельного расхода			
2.I.	Предельный номинальный расход, $Q_{ном,п}$	ГОСТ I8I40-77, раздел I	-	$2 \cdot 10^4$ м³/ч
2.2.	Отношение минимального расхода к номинальному		$\frac{Q_{min}}{Q_{ном,п}} = \frac{6532}{2,10^4} =$	= 0,33 В соответствии с ТУ на дифманометры ДМЭР-М это отношение не должно быть менее 0,3. Следовательно, измерение расхода возможно однопредельным устройством

I	2	3	4	5
		3. Определение коэффициента расхода и геометрических параметров сегментной диафрагмы		
3.I.	Определение α_{um} для прибора Δp=4000кгс/м^2 = 0,04 МПа	ф.2.I, прилож.3	$\alpha_{um} = \frac{4 Q_{макс}}{\pi D^2} \sqrt{\frac{\rho}{2 \Delta p}} = \frac{4 \cdot 2 \cdot I0^4 \sqrt{999,93}}{\pi \cdot I,2^2 \sqrt{2 \cdot 9,8 I \cdot 4000 \cdot 3600}}$	$\alpha_{um} = 0,4074$
3.2.	Определение $\alpha_и$ и m	Прилож.I; п.3.2		$m = 0,58$; $\alpha_и = 0,6972$
3.3.	Определение $K_п$, $K_ш$, $K_ф$	п.3.3, 3.4		$K_п = I$ $K_ш = I$ $K_ф = I,007$
3.4.	Определение α	п.3.2,	$\alpha = K_ф \alpha_и = I,007 \cdot 0,6972$	$\alpha = 0,702I$
3.5.	Определение высоты сегментной диафрагмы	п.6.2.2, Прилож.I	$H/D = 0,437$	$H = 0,6I2м$
		4. Определение погрешности измерения расхода		
4.I.	σ_α	ф.5.3	$\sigma_\alpha = 0,6 + I,5 m^2$	$\sigma_\alpha = I,I0$
4.2.	$\sigma_н$	ф.5.4		$\sigma_{н\,max} = 0,I5$
4.3.	$\sigma_{D_{20}}$	ф.5.5		$\sigma_{D_{20}max} = 0,30$
4.4.	$\partial\alpha/\partial m$	ф.5.6	$\partial\alpha/\partial m = -0,96442+2,27710 \cdot 0,58$	$\partial\alpha/\partial m = -0,36$
4.5.	σ_ρ	п.5.2.5		$\sigma_{\rho max} = 0,I$
4.6.	$\sigma_{\sqrt{\Delta p}}$	ф.5.9	$\sigma_{\sqrt{\Delta p}} = 0,5 \frac{20000}{I7I90} I,0 = 0,58$	$\sigma_{\sqrt{\Delta p}} = 0,58$
4.7.	Средняя квадратическая отн. погрешность погрешность измерения расхода при Q_{max}	ф.5.2	$\sigma_Q = [I,I^2 + (I + \frac{0,58^2}{0,702I})^2 \cdot (0,75 \cdot 0,I5 + \sigma_{Q\,max} = I,28$ $+0,25 \cdot 0,58 \cdot 0,3)^2 + 4(\frac{0,58}{0,702I} \cdot 0,36)^2 \cdot 0,3^2 +$ $+0,25 \cdot 0,I^2 + 0,58^2]^{0,5}$	
4.8.	Предельная относительная погрешность измерения расхода при доверительной вероятности 0,95 при Q_{max}	ф.5.I	$\delta_Q = 2 \cdot I,28$	$\delta_{Q_{max}} = 2,56$

gost.e-ecolog.ru