

Государственное автономное образовательное учреждение
среднего профессионального образования Ленинградской области

Киришский политехнический техникум

**ПМ. 02 Обслуживание и настройка средств контроля и
автоматического регулирования**

Методическое пособие

« Первичные измерительные преобразователи расхода»

для студентов среднего профессионального образования по специальности:

18.01.28 Оператор нефтепереработки

РАССМОТРЕНО

На заседании МК

Протокол № _____ от _____ 20__ г.

Председатель МК _____

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УПР

_____ М.В. Титова

« _____ » _____ 20__ г.

Методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой по ПМ. 02 Обслуживание и настройка средств контроля и автоматического регулирования в соответствии с ФГОС по специальности СПО 18.01.28 Оператор нефтепереработки

Разработчик:

Косарева И.Ю., преподаватель высшей категории

« _____ » _____ 2013г.

Пояснительная записка

Методическое пособие предназначено для изучения принципа действия и устройства прибора контроля основного параметра химико-технологического процесса: расхода.

Содержание методического пособия основано на программе дисциплины «Обслуживание технических средств автоматизации», изучаемой студентами по специальности 18.01.28 Оператор нефтепереработки.

Методическое пособие посвящено изучению классических и современных методов и средств для измерения количества и расхода жидкостей и газов.

Методическое пособие сопровождается контрольными вопросами для самопроверки и тестом.

Автоматический контроль является логически первой ступенью автоматизации, без успешного функционирования которых невозможно создание эффективных АСУ ТП.

Содержание

| | |
|--|----|
| 1. Измерение количества и расхода | 3. |
| 1.1. Основные понятия, единицы измерения | 3 |
| 1.2. Измерение количества жидкости и газа..... | 3 |
| 1.2.1. Скоростные счетчики для жидкостей | 3 |
| 1.2.2. Объемные счетчики для жидкостей | 5 |
| 1.2.3. Барабанные счетчики для газов | 7 |
| 1.2.4. Ротационные счётчики для газов..... | 8 |
| 1.3. Измерение расхода жидкости и газа | 9 |
| 1.3.1. Расходомеры переменного перепада давления | 9 |
| 1.3.2. Расходомеры постоянного перепада давления..... | 17 |
| 1.3.3. Электромагнитные расходомеры..... | 19 |
| 1.3.4. Ультразвуковые расходомеры | 23 |
| 1.3.5. Вихревые и вихреакустические расходомеры..... | 25 |
| Контрольные вопросы..... | 27 |
| Тест..... | 28 |
| Список литературы..... | 31 |

1. Измерение количества жидкости и газа

1.1 Основные понятия, единицы измерения

Количество жидкости или газа можно измерить счетчиками. По принципу действия счетчики подразделяются на объемные, массовые и скоростные.

Расходом называется количество вещества, которое проходит через счетчик за 1 ч при установившемся потоке и потере напора 0,1 МПа.

Потери напора представляют собой разность давлений на входе в счетчик и выходе из него.

Калибром счетчика называется диаметр условного прохода входного патрубка, выраженный в миллиметрах.

1.2. 1. Скоростные счетчики для жидкостей

Эти счетчики служат для измерения количества жидкостей. Они основаны на принципе измерения средней скорости движущегося потока. Количество жидкости Q связано со средней скоростью движущегося потока соотношением:

$$Q = v_{cp} S, \quad (4.1)$$

где v_{cp} - средняя скорость движения вещества, м/с; S - поперечное сечение потока, м².

О количестве жидкости, прошедшей через прибор, судят по числу оборотов лопастной вертушки, расположенной на пути потока. Считается, что скорость вращения вертушки пропорциональна средней скорости потока

$$n = c v_{cp},$$

с учетом уравнения (4.1)

$$n = c (Q/S),$$

где n - число оборотов вертушки; c - коэффициент пропорциональности, характеризующий механические и гидравлические свойства прибора.

По форме вертушки скоростные счетчики разделяются на две группы: с винтовой вертушкой и крыльчатые. Винтовые вертушки размещают параллельно измеряемому потоку, крыльчатые - перпендикулярно ему.

На рис.1 показан скоростной счетчик с винтовой вертушкой, закреплённой на горизонтальной оси. В корпусе 1, снабженном фланцами для присоединения к трубопроводу, установлена вертушка 2 с лопастями, изогнутыми по винтовой линии. Вертушку изготавливают из пластмассы при рабочей температуре до 30°С и из латуни при более высоких температурах. На ось вертушки перед задним закрытым подшипником 3, закрепленным в крестовине 4, насажен червяк 5, сцепляющийся с червячной шестерней, передающей вращение передаточному механизму 6. От механизма движение передается оси, проходящей через сальник 7, и счетному механизму 8. Перед вертушкой со стороны входа жидкости установлен струевыпрямитель 9, состоящий из нескольких радиально закрепленных прямых пластин. Конец одной из пластин струевыпрямителя поворачивается вокруг вертикальной оси, образуя лопасть 11, служащую для регулирования счетчика через рычажный привод 12. В струевыпрямителе закреплен передний подшипник 10 оси вертушки.

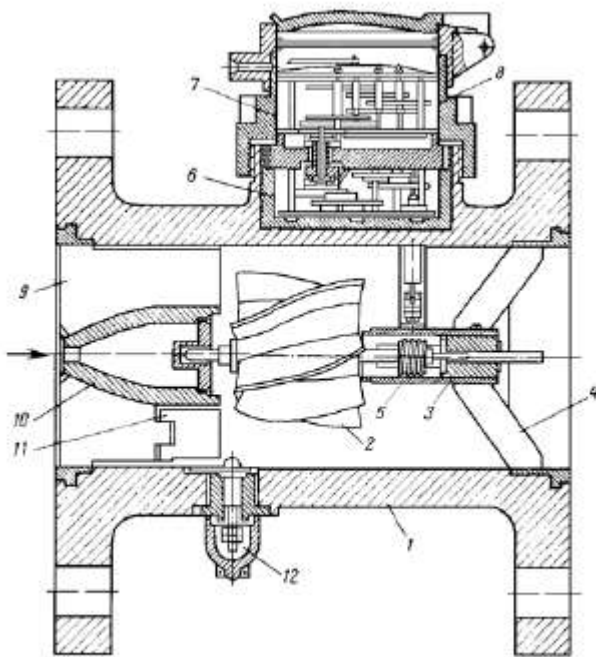


Рис.1. Скоростной счётчик с винтовой вертушкой:
 1-корпус; 2-вертушка;
 3-подшипник; 4-крестовина;
 5-червяк; 6-передаточный механизм;
 7- сальник; 8-счётный механизм;
 9-струевыпрямитель; 11-лопасть;
 12-рычажный привод

чика через рычажный привод 12. В струевыпрямителе закреплен передний подшипник 10 оси вертушки.

Механическое сопротивление (трение в подшипниках, сальнике и т.п.) влияет на скорость вращения вертушки, а при некоторой минимальной скорости потока вертушка будет неподвижна.

В зависимости от способа подвода жидкости счетчики с крыльчатой вертушкой подразделяются на одноструйные и многоструйные.

Как в одноструйных, так и в многоструйных счетчиках жидкость подводится тангенциально к лопастям вертушки. Счетчики с крыльчатой вертушкой устанавливают на горизонтальных участках

трубопроводов. Счетчики с винтовой вертушкой применяют при давлении жидкости до 1,0 МПа и при длительной нагрузке до 600 м³/ч. Погрешность счетчиков составляет 2 - 3% действительного значения.

1.2.2. Объемные счетчики для жидкостей

Принцип работы объемных счетчиков заключается в измерении определенного объема жидкости, вытесняемого из измерительной камеры под воздействием разности давлений.

Объемные счетчики выпускаются двух типов, лопастные и с овальными зубчатыми колесами. Принцип действия **лопастных счетчиков** основан на том, что поток измеряемой жидкости, поступая через входной патрубок, проходит через измерительную камеру, где теряет часть напора на создание крутящего момента, приводящего во вращение ротор с выдвижными лопастями.

Измерение объемного количества жидкости происходит при периодическом отсекании определённых объемов жидкости, заключенных в полости между двумя лопастями и цилиндрическими поверхностями измерительной камеры и барабана. За один полный оборот ротора отсекаются четыре объема, сумма которых равна емкости измерительной камеры. На рис. 2 показано несколько положений ротора, иллюстрирующих части цикла, в течение которого ротор совершает пол-оборота, что соответствует половине ёмкости измерительной камеры.

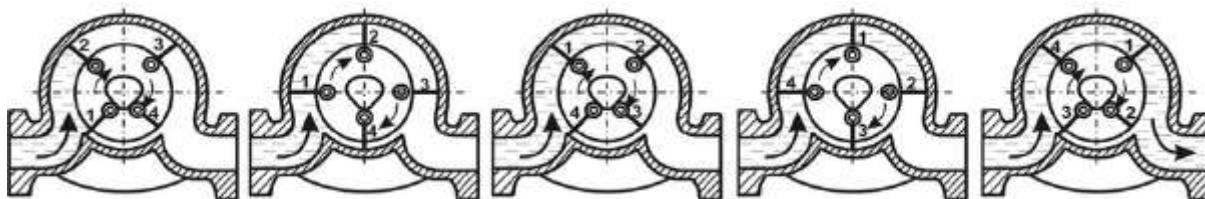


Рис.2. Лопастной счетчик

На рис.3 показан счетчик с овальными зубчатыми колесами. Проходя через счетчик, поток жидкости теряет часть своей энергии на вращение овальных колес. В зависимости от расположения колес относительно входа потока жидкости каждое из них является поочередно то ведущим, то ведомым.

При вращении овальных колес периодически отсекается определенный объем жидкости, ограниченный овалом колеса и стенкой измерительной камеры. За один оборот колес отсекается четыре определенных объема

жидкости, которые в сумме равны свободному объему измерительной камеры, счетчика.

Количество жидкости, прошедшей через счетчик, определяют по числу оборотов овальных колес. В положении I жидкость вращает правое колесо по часовой стрелке, а правое колесо вращает левое против часовой стрелки. В этом положении правое колесо отсекает определенный объем жидкости 1.

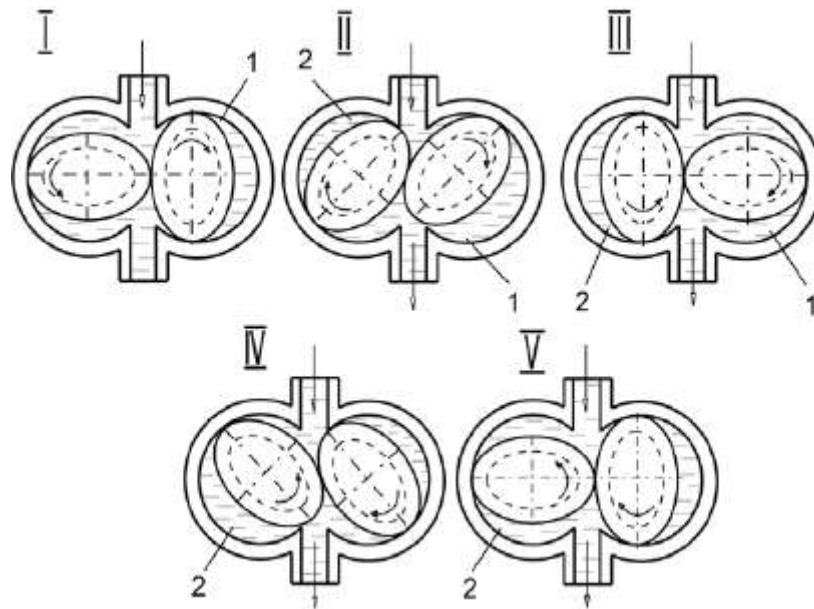


Рис.3. Счетчик с овальными зубчатыми колесами

В положении II левое колесо заканчивает отсекаание нового объема жидкости 2, а правое выталкивает ранее отсеченный его объем жидкости 1 в выходной патрубке счетчика. В этом положении крутящий момент передается на оба колеса. В положении III ведущим является левое колесо, которое к этому времени уже отсекло объем 2. Оно вращает правое колесо по часовой стрелке. Дальнейшее вращение колес происходит аналогично (положения IV и V).

Для измерения объемов очень вязких жидкостей (мазут и др.) в счетчиках предусматривают паровую рубашку. Счетчики с овальными колесами выпускаются промышленностью для различных диаметров трубопроводов при рабочем давлении до 1,57 МПа. Потеря напора от установки счетчика составляет примерно 0,02 МПа. Погрешность показаний этих приборов $\pm 0,5\%$.

1.2.3. Барабанные счетчики для газов

Работа этих счетчиков основана на непрерывном отмеривании и отсчете равных объемных порций газа. Число этих объемов регистрируется счетным механизмом (рис. 4).

В герметичном цилиндрическом кожухе 1, заполненном несколько более, чем наполовину затворной жидкостью, вращается концентрично расположенный барабан 2, разделенный четырьмя радиальными и одной цилиндрической перегородками на пять камер I-V. Камеры I-IV сообщаются с пространством кожуха 1 щелями *a*, *b*, *c*, и *d* внутренней камерой V через щели *a*₁, *b*₁, *c*₁ и *d*₁.

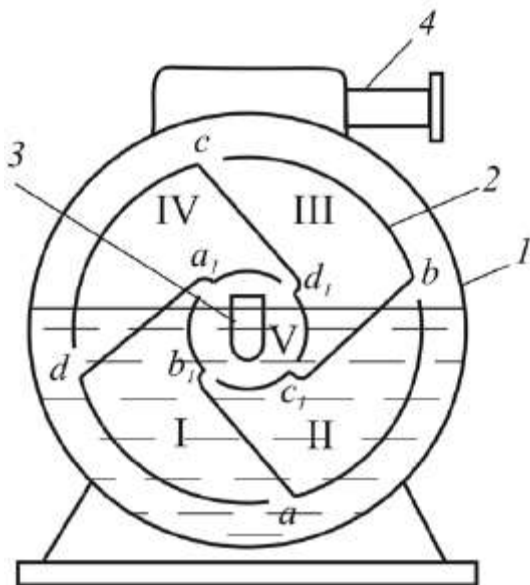


Рис.4. Барабанный счетчик:
1-кожух; 2-барабан;
3-подающая газ труба;
4-отводящая газ труба;
I-V - камеры

В камеру V через полую ось входит подающая газ труба 3, а в верхней части кожуха установлена отводящая труба 4. Радиальные перегородки и соединяющие щели расположены так, что газ последовательно заполняет камеры I - IV. Перепад давлений в трубах 3 и 4 заставляет барабан вращаться по часовой стрелке. Входная и выходная щели каждой камеры никогда не могут быть одновременно над уровнем жидкости, следовательно, прямой переток газа из трубы 3 в трубу 4 исключается. Каждая камера заполняется определенным постоянным объемом газа, вытесняемым из камеры

в кожух прибора при выходе выпускной щели из под уровня запирающей жидкости. Вращение барабана 2 передается счетному механизму, расположенному снаружи кожуха. За один оборот через барабан проходит объем газа, равный сумме объемов камер, отсекаемых жидкостью. Запирающей жидкостью служит обычно вода. В случае опасности замерзания воды используют водный раствор хлорида магния или глицерин. Барабанные счетчики применяют для измерения светильного, газогенераторного, коксового и других нейтральных газов, заметно не растворяющихся в затворной жидкости и не воздействующих на материал счетчика. Обязательным условием работы барабанных газовых счетчиков является постоянство уровня жидкости в кожухе счетчика. Для контроля уровня жидкости счетчик снабжа-

ют водомерным стеклом или устройством для поддержания постоянства уровня.

Барабанные счетчики газа представляют собой очень точные приборы, их погрешность не превышает 0,2%. Однако, они редко выпускаются производительностью более 3 м³/ч, так как при большой производительности габариты их слишком велики.

1.2.4. Ротационные счётчики для газов

Из счетчиков для газов наиболее распространены ротационные счетчики (рис. 5). Они предназначены для измерения больших количеств газа. Счетчик состоит из кожуха 2, внутри которого вращаются на параллельных горизонтальных валах роторы 1. Валы роторов связаны зубчатыми колесами, находящимися вне кожуха. От одного из валов вращение передается счетному механизму. Шарико- или роликоподшипники валов, а также зубчатые колеса находятся в масляных ваннах и заключены в картеры. Тонкий валик, соединяющий вал ротора со счетным механизмом, проходит через сальник в стенке картера. Зазор между роторами и кожухом очень мал (порядка 0,12 мм).

В положении, изображенном на схеме, правый ротор не вращается под действием газа (давления на обе стороны ротора одинаковые). На верхнюю часть левого ротора действует газ с более высоким давлением,

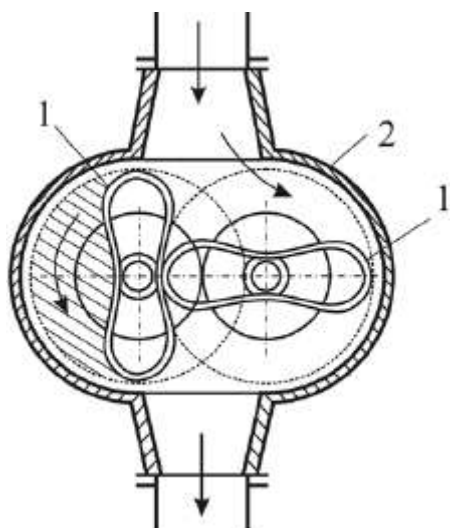


Рис..5. Принципиальная схема ротационного счетчика:

1-роторы; 2-кожух

чем на нижнюю; левый ротор поворачивается, увлекая за собой правый. Когда правый ротор стоит вертикально (а левый горизонтально), то он поворачивает левый. За один оборот обоих роторов объем газа, прошедшего через прибор, равен объему измерительной камеры счетчика. Перепад давлений газа в счетчике контролируется дифференциальным манометром.

Ротационные счетчики применяются для измерения расхода газа от 40 до 10 000 м³/ч. Погрешность измерений составляет ±2-3 %. Счетчик допускает кратковременную перегрузку до 30 %.

1.3. Измерение расхода жидкости и газа

1.3.1. Расходомеры переменного перепада давления

Измерение расхода по методу переменного перепада давления основано на изменении потенциальной энергии (статического давления) вещества, протекающего через сужающее устройство в трубопроводе. Сужающим устройством называется техническое устройство, устанавливаемое в измерительном трубопроводе, со сквозным отверстием для создания перепада давления среды путем уменьшения площади сечения трубопровода (сужения потока).

В измерительной технике в качестве сужающих устройств (первичных преобразователей) используют диафрагмы, сопла, сопла и трубы Вентури.

Диафрагма (рис.7) представляет собой тонкий диск, установленный в трубопроводе так, чтобы отверстие в диске было концентрично внутреннему контуру сечения трубопровода.

При измерении расхода по методу переменного перепада давлений протекающее вещество должно полностью заполнять все сечение трубопровода и сужающего устройства; поток в трубопроводе должен быть практически установившимся; фазовое состояние веществ не должно изменяться при прохождении их через сужающее устройство (жидкость не должна испаряться, пар должен оставаться перегретым и т.п.).

Сужение потока (рис. б) начинается до диафрагмы (сечение I-I); затем на некотором расстоянии за ней (сечение II-II) благодаря действию сил инерции поток сужается до минимального сечения (диаметр d_2), а далее постепенно расширяется до полного сечения трубопровода. Перед диафрагмой и за ней образуются зоны с вихревым движением, причем зона вихрей за диафрагмой больше, чем перед ней.

Диафрагма (рис. 7) представляет собой тонкий диск, установленный в трубопроводе так, чтобы отверстие в диске было концентрично внутреннему контуру сечения трубопровода.

При измерении расхода по методу переменного перепада давлений протекающее вещество должно полностью заполнять все сечение трубопровода и сужающего устройства; поток в трубопроводе должен быть практически установившимся; фазовое состояние веществ не должно изменяться при прохождении их через сужающее устройство (жидкость не должна испаряться, пар должен оставаться перегретым и т.п.).

Сужение потока (рис. 6) начинается до диафрагмы (сечение I-I); затем на некотором расстоянии за ней (сечение II-II) благодаря действию сил инерции поток сужается до минимального сечения (диаметр d_2), а далее постепенно расширяется до полного сечения трубопровода. Перед диафрагмой и за ней образуются зоны с вихревым движением, причем зона вихрей за диафрагмой больше, чем перед ней.

Давление потока около стенки трубопровода несколько возрастает до величины P_1 из-за подпора перед диафрагмой и снижается до минимального значения P_2 за диафрагмой в наиболее узком сечении потока.

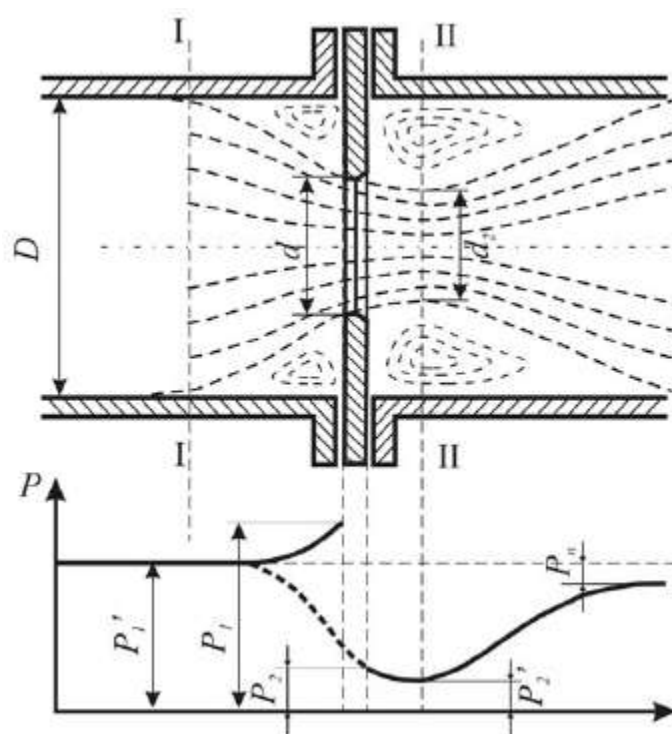


Рис.6 Вид потока и изменение давления при прохождении потока через сужающее устройство

Далее, по мере расширения струи, давление потока около стенки снова повышается, но не достигает прежнего значения. Потеря части давления P_n определяется, главным образом, потерей энергии на трение и завихрения.

Изменение давления потока по оси трубопровода практически совпадает с изменением давления около его стенки, за исключением участка перед диафрагмой и непосредственно в ней, где давление по потоку по оси трубы снижается (штриховая линия). Разность давлений ($P_1' - P_2''$)

является перепадом, зависящим от расхода протекающей через трубопровод среды.

Стандартные сужающие устройства.

Для всех стандартных сужающих устройств коэффициенты расхода в широком диапазоне достаточно достоверны и воспроизводимы, поэтому указанные устройства можно применять без индивидуальной градуировки.

К стандартным (нормализованным) сужающим устройствам относятся диафрагмы, сопла и сопла Вентури, а также трубы Вентури.

Стандартные диафрагмы (рис.7) являются самым распространенным типом сужающего устройства. Она представляет собой тонкий металлический диск с круглым концентрическим отверстием, которое имеет со стороны входа острую цилиндрическую кромку, а далее расточено под углом $\varphi = 30 \text{ } \vee 60^{\circ}$. Диафрагмы бывают двух основных типов: камерные (рис. 7, а) и бескамерные (рис. 7, б). Бескамерные диафрагмы отличаются от камерных отсутствием кольцевых камер, а также наличием металлического ушка, приваренного к боковой поверхности диска.

Камерные диафрагмы используются для трубопроводов с условным диаметром D_v от 50 до 500 мм, а бескамерные - от 300 до 1000 мм.

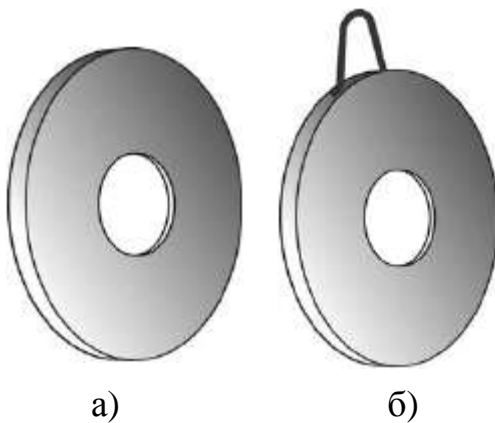


Рис. 7 Диафрагмы:
а – камерная; б – бескамерная.

Камерная диафрагма состоит из диска и корпусов кольцевых камер (рис. 8), служащих для замера статического давления.

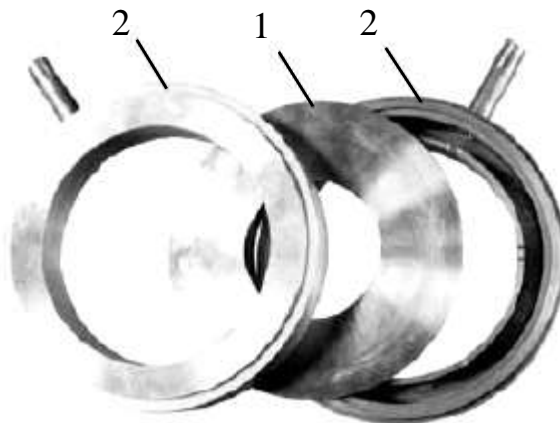


Рис. 8. Камерная диафрагма:
1 – диск; 2 – кольцевые камеры.

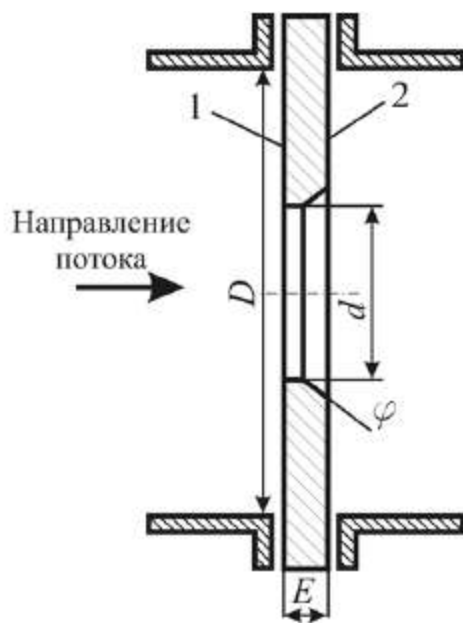


Рис.9 Сечение диафрагмы:
1 - входной торец диафрагмы;
2 - выходной торец диафрагмы

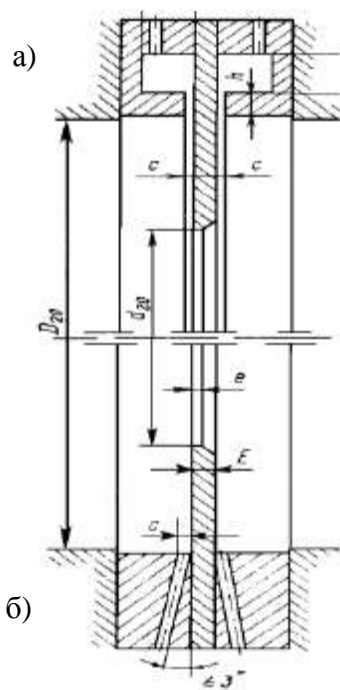


Рис.10 Отбор давления:
а - диафрагма с фланцевым
способом отбора давления;
б - диафрагма с угловым
способом отбора давления

Поперечное сечение в осевой плоскости стандартной камерной диафрагмы приведено на рис. 9.

Толщина диафрагмы E не должна превышать $0,05D$, где D – диаметр трубопровода. Диаметр отверстия диафрагмы d должен быть больше 12,5 мм. Диафрагму можно изготавливать из любых материалов, при выборе которых следует учитывать свойства контролируемой среды. Разъедание (притупление) острой входной кромки резко изменяет коэффициент φ , измерения становятся неточными.

При измерении расхода газов и жидкостей допускается применять как угловой (рис.10,а), так и фланцевый (рис.10,б) способы отбора перепада давлений на диафрагмах.

Перепад давлений при фланцевом способе отбора следует измерять через отдельные цилиндрические отверстия.

Допустимые интервалы диаметров трубопроводов D и коэффициента β для диафрагм должны находиться в следующих пределах: $50 \text{ мм} \delta D \delta 1000 \text{ мм}$; при $0,1 \delta \beta \delta 0,75$.

В случае измерения расхода газа отношение абсолютных давлений на выходе из сужающего устройства и

входе в него должно быть больше или равно 0,75.

Стандартное сопло (рис.11) – тип стандартного сужающего устройства, имеющего плавно сужающуюся часть на входе, переходящую на выходе в горловину.

Сопло особенно удобно для измерения расхода газов и перегретого пара, если $((P_1 - P_2)/P_1) < 0,1$, а также для измерения расхода пара высокого давления и агрессивных газов в трубопроводах диаметром $D \delta 200$ мм.

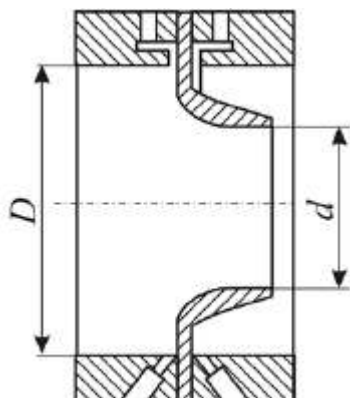


Рис.11.Стандартное сопло

По сравнению с диафрагмами они менее чувствительны к коррозии, загрязнениям и обеспечивают несколько большую точность измерения.

Профильная часть отверстия сопла должна быть выполнена с плавным сопряжением дуг. Поверхность входной части сопла не должна быть шероховатой; для цилиндрической части исключается конусность. Выходная кромка ци-

линдрической части отверстия должна быть острой, без заусенцев, фаски или закругления. Для изготовления сопел обычно применяют те же материалы, что и для диафрагм.

Стандартное сопло Вентури (рис12) - сопло, которое состоит из

входной части в виде сопла, горловины и выходной части в виде расходящегося конуса (диффузора).

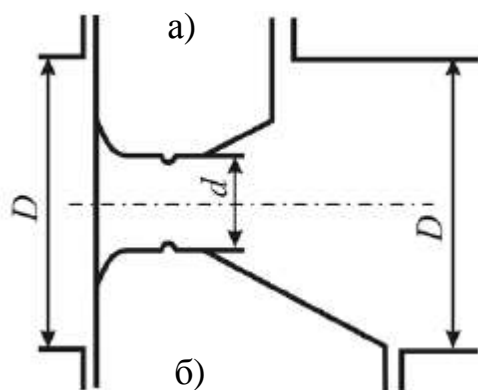


Рис.12 Сопло Вентури:

- а – короткое;
- б – длинное

Стандартные **трубы Вентури** (рис.13) можно применять в трубопроводах диаметром от 50 до 1200 мм при условии, что $0,3 \delta \beta \delta 0,75$. Труба Вентури называется длинной, если наибольший диаметр выходного конуса равен диаметру трубопровода, или короткой, если указанный диаметр меньше диаметра трубопровода.

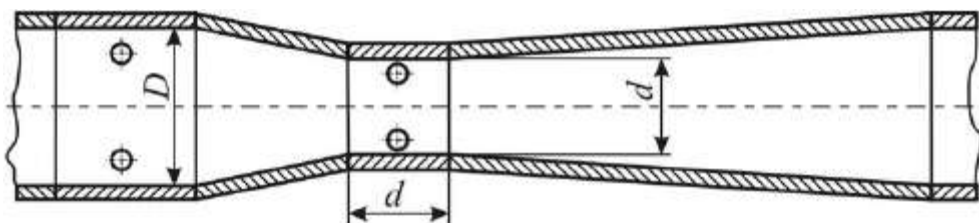


Рис.13.Труба Вентури

Давления в горловине и входном патрубке следует отбирать через отверстия в стенках и через усредняющие камеры.

К преимуществам труб Вентури следует отнести меньшую потерю давления по сравнению с потерями в сужающих устройствах других типов.

Комплектация расходомера.

Расходомер переменного перепада давления (рис.14) состоит из следующих основных частей: измерительных участков трубопровода 1 до и после сужающего устройства, сужающего устройства 2, импульсных линий 3, служащих для соединения с дифманометром измерительных участков трубопровода, дифференциального манометра 4.



Рис.14 Комплектация расходомера переменного перепада давления:

- 1-участок трубопровода;
- 2-сужающее устройство;
- 3-импульсные линии;
- 4- дифференциальный манометр

Расходомерные дифманометры обычно устанавливают совместно с диафрагмами, перепад давления на которых однозначно связан с расходом среды.

Заполнение дифманометра уравнивающей жидкостью, его монтаж и подключение к соединительным линиям для измерения перепада давлений на сужающем устройстве следует производить в соответствии с руководством по монтажу и эксплуатации прибора.

Выбор дифманометра по параметрам окружающей среды и его применения для заданных рабочих условий измерения расхода должны соответствовать требованиям технической документации завода-изготовителя.

Допускается подключение к одному сужающему устройству двух и более дифманометров; при применении интегрирующих дифманометров одновременная их работа не допускается. Допускается подключение соединительных линий одного дифманометра к соединительным линиям другого дифманометра и подключение манометра к «плюсовой» импульсной линии дифманометра, если это не оказывает влияния на процесс измерения. Соединительные линии для подключения элементов телемеханики должны быть проложены отдельно от других соединительных линий по кратчайшему расстоянию вертикально или с уклоном к горизонтали не менее 1:10. Длина линий не должна превышать наибольшей допустимой длины, указанной в руководстве по монтажу и эксплуатации дифманометра. Соединительные линии должны быть защищены от действия внешних источников тепла или холода.

При измерении расхода горячего вещества ($t \geq 100^\circ\text{C}$) необходимо обеспечить равенство температур в обеих соединительных линиях. Соединительные линии должны прокладываться таким образом, чтобы исключить в них скопление воздушных пузырьков (при измерении расхода жидкости) и конденсата (при измерении расхода газа или пара). Для этих целей на соединительных линиях рекомендуется устанавливать газосборник или отстойные сосуды. При измерении расхода агрессивных сред передача измеряемого давления должна осуществляться через разделительную жидкость, заливаемую в дифманометр. Жидкость служит для защиты внутренних полостей дифманометров от воздействия измеряемой среды. В этом случае на участках соединительных линий между дифманометром и сужающим устройством подключают разделительные сосуды.

1.3.2. Расходомеры постоянного перепада давления

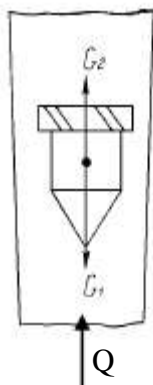


Рис.15 Принципиальная схема ротаметра

Наиболее распространёнными приборами этой группы являются расходомеры со свободно перемещающимся в корпусе поплавком (ротаметры). Принципиальная схема ротаметра показана на рис.15. Проходящий через ротаметр снизу поток жидкости или газа поднимает поплавок вверх до тех пор, пока расширяющаяся кольцевая щель между телом поплавка и стенками конусной трубки не достигнет такой величины, при которой действующие на поплавок силы уравниваются, и он останавливается на той или иной высоте, в зависимости от величины расхода. При неизменном расходе поплавок неподвижен.

В работающем ротаметре поплавок полностью погружен в измеряемую среду.

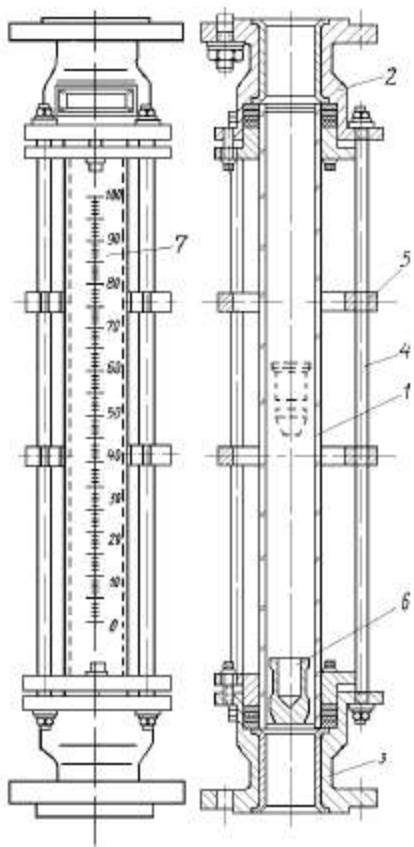


Рис.16 Стекланный ротаметр:

- 1 - полая коническая трубка;
- 2, 3 - металлические головки;
- 4 - тяги; 5- поперечины;
- 6 - поплавок; 7 - шкала

Ротаметры выполняют со стеклянной или металлической трубкой. На рис.4.17 показан ротаметр со стеклянной конической трубкой 1, закрепленной в двух металлических головках 2 и 3, снабженных сальниками и фланцами для включения в вертикальный участок трубопровода.

Головки стянуты одна с другой несколькими тягами 4, образующими вместе с поперечными 5 защитную решетку вокруг стеклянной трубки. Внутри трубки свободно перемещается поплавок 6, имеющий форму волчка. В нижней головке находится седло, на которое опускается поплавок при прекращении потока. Верхняя головка снабжена ограничителем хода поплавка. Седло и ограничитель хода не позволяют поплавку выйти за пределы стеклянной трубки. Шкала 7 прибора вытравлена на самой стеклянной трубке, отсчет ведут по верхней горизонтальной плоскости поплавка. В верхней

части поплавка часто делают косые прорезы, которые позволяют поплавку вращаться вокруг вертикальной оси. При вращении поплавков центрируется внутри трубки, не соприкасаясь со стенками, его чувствительность повышается. Ротаметры со стеклянной трубкой изготавливают на давление, не превышающее 600 КПа. При более высоком давлении измеряемой среды, а также для измерения расхода пара применяют ротаметры с металлической трубкой.

На рис.17 приведена принципиальная схема ротаметра с электрической дифференциально-трансформаторной системой передачи показаний на расстояние.

Измерительная часть прибора изготовлена в виде металлического цилиндра 1, в который помещена диафрагма 2. Внутри диафрагмы перемещается конусный поплавок 3, жестко соединенный со штоком 4, на верхнем конце штока укреплен сердечник 5 дифференциально - трансформаторного преобразователя. Сердечник находится внутри разделительной трубки 6, на которую надета катушка преобразователя. Бесшкальные ротаметры работают в комплекте с вторичными дифференциально - трансформаторными приборами.

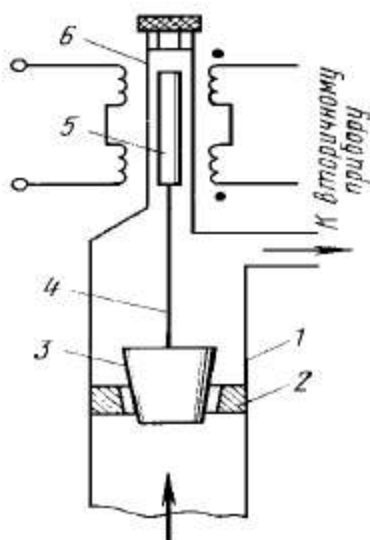


Рис.17 Ротаметр с электрической дифференциально-трансформаторной системой передачи показаний:

1 – цилиндр; 2 – диафрагма; 3 – поплавок;
4 – шток; 5 - сердечник; 6 – разделительная трубка

Ротаметры изготавливают на рабочее давление 6,2 МПа. Основная погрешность комплекта (преобразователя и вторичного прибора) составляет 3% от верхнего предела измерения.

1.3.3. Электромагнитные расходомеры

Расходомеры данного типа относятся к бесконтактным, т.е. в них отсутствует прямой контакт измеряемой среды с узлами прибора. Эти расходомеры подразделяются на приборы с электромагнитным преобразователем расхода и приборы с электромагнитными преобразователями скорости потока.

Приборы с электромагнитным преобразователем расхода основаны на взаимодействии движущейся жидкости с магнитным полем. Это взаимодействие подчиняется закону Фарадея, согласно которому в жидкости, пересекающей магнитное поле, индуцируется ЭДС, пропорциональная скорости движения жидкости.

Принципиальная схема электромагнитного расходомера показана на рис.18 Трубопровод 1 с перемещающейся в нем электропроводной жидкостью помещен в магнитное поле, создаваемое двумя катушками индуктивности (индукторами) 2. В стенки трубопровода диаметрально противоположно в одном поперечном сечении введены электроды 3 (заподлицо с внутренним диаметром трубы). К электродам подключают какой-либо высокочувствительный измерительный прибор 4, шкала которого градуирована в единицах скорости или единицах расхода.

Трубопровод изготавливают из изоляционного материала, для этой цели используют фторопласт, эбонит, резину и другие материалы в зависимости от свойств измеряемой жидкости.

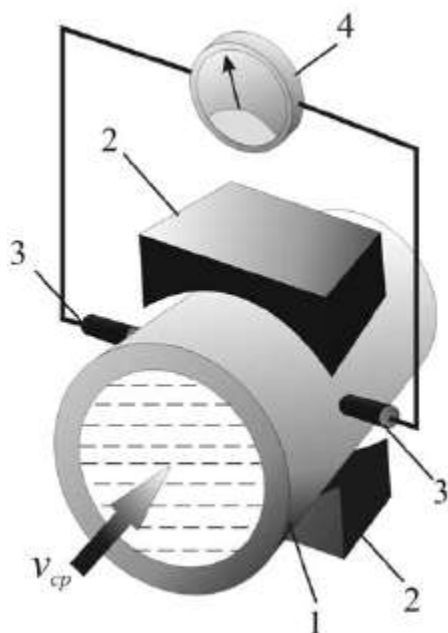


Рис. 18 Электромагнитный расходомер:
1 – трубопровод; 2 – катушки индуктивности;
3 – электроды; 4 – измерительный прибор

Электромагнитный расходомер является по существу генератором, в котором проводником, перемещающимся в магнитное поле, служит электропроводная жидкость. Проводимость жидкости должна быть не ниже 10^{-5} - 10^{-6} См, что соответствует проводимости водопроводной воды.

Существенные и основные недостатки электромагнитных расходомеров с постоянным магнитным полем: возникновение на электродах гальванической ЭДС и ЭДС поляризации затрудняют или делают невозможным правильное измерение ЭДС, индуцируемой магнитным полем в движущейся жидкости. Другим недостатком расходомеров с постоянным магнитным полем является трудность усиления напряжения постоянного тока. В связи с этим расходомеры с постоянным магнитным полем применяют лишь при измерении расхода жидких металлов, пульсирующих потоков жидкости и при кратковременных измерениях, когда поляризация не успевает оказать заметного влияния.

В настоящее время в подавляющем большинстве электромагнитных расходомеров применяют переменное магнитное поле.

При переменном магнитном поле электрохимические процессы оказывают меньшее влияние, чем при постоянном.

В современных электромагнитных расходомерах для усиления сигнала, снимаемого с преобразователя, используют электронный усилитель большим входным сопротивлением. При этом условии в большинстве случаев изменение сопротивления преобразователя при изменении параметров контролируемой среды не сказывается на показаниях. Это важное преимущество электромагнитных расходомеров.

В расходомерах с переменным магнитным полем возникают помехи, как в преобразователе, так и вне его. В основном на погрешность измерения влияют помехи: паразитные от внешних цепей; емкостные от переменного тока, питающего электромагнит; индукционные («трансформаторные») от магнитного поля преобразователя. Первые две помехи удаётся устранить экранированием прибора.

Для исключения трансформаторной ЭДС используют различные способы. Один из способов заключается в применении двух индукционных преобразователей (с самостоятельными магнитами), включенных таким образом, что магнитные поля в них направлены в противоположные стороны. Дополнительные ЭДС взаимной индукции при этом (как равные по величине и по фазе, но противоположные по направлению) взаимно уничтожаются в первичной обмотке выходного трансформатора.

Комплект общепромышленного электромагнитного расходомера (ЭМР) состоит из преобразователя расхода и измерительного блока. Конструктивно преобразователь включает два узла – трубу и электромагнит. Преобразователь содержит также контур для подавления трансформаторной ЭДС.

Электромагнитные расходомеры имеют ряд преимуществ. Прежде всего, они практически безынерционны, что очень важно при измерении быстроизменяющихся расходов и при использовании их в системах автоматического регулирования. Результат измерения не зависит от наличия взвешенных частиц в жидкости и пузырьков газа.

Измерения в достаточной степени независимы от профиля потока и таких свойств среды, как давление, температура, вязкость, плотность, состав, электропроводность и загрязнение электродов. В расходомере отсутствуют потери давления, отсутствуют движущиеся части.

Вследствие линейной зависимости возникающей ЭДС от расхода шкала вторичного прибора линейна. Электромагнитные расходомеры обеспечивают измерение расхода в интервале 0,002 - 300000 м³/ч и более при трубопроводах с внутренним диаметром от 3 до 3000 мм.

1.3.4. Ультразвуковые расходомеры

Ультразвуковой (частота выше 20 КГц) метод измерения расхода основан на явлении смещения звукового колебания движущейся жидкой или газообразной средой. Измерение расхода, в основном, осуществляется путем косвенных измерений следующих величин:

- разности времен (временнй импульсный метод) прохождения ультразвуковых импульсов по потоку и против него;
- разности фаз (фазовый метод) между ультразвуковыми колебаниями, распространяющимися по потоку и против него;
- разности частот (частотный метод) двух автогенераторов, в качестве элемента обратной связи которых используется контролируемая среда.

Современные расходомеры, как правило, реализуют временнй импульсный метод. На рис.4.20 представлена принципиальная схема измерения расхода ультразвуковым расходомером, использующим временнй импульсный метод.

Расходомер включает в себя два (рис.19, а) или четыре (рис.19, б) электроакустических приемопередающих преобразователя А (А') и В (В'), монтируемых с внешней стороны трубопровода. Преобразователи работают как в режиме источника ультразвукового сигнала, так и в режиме приемника. Расстояние между преобразователями равно L .

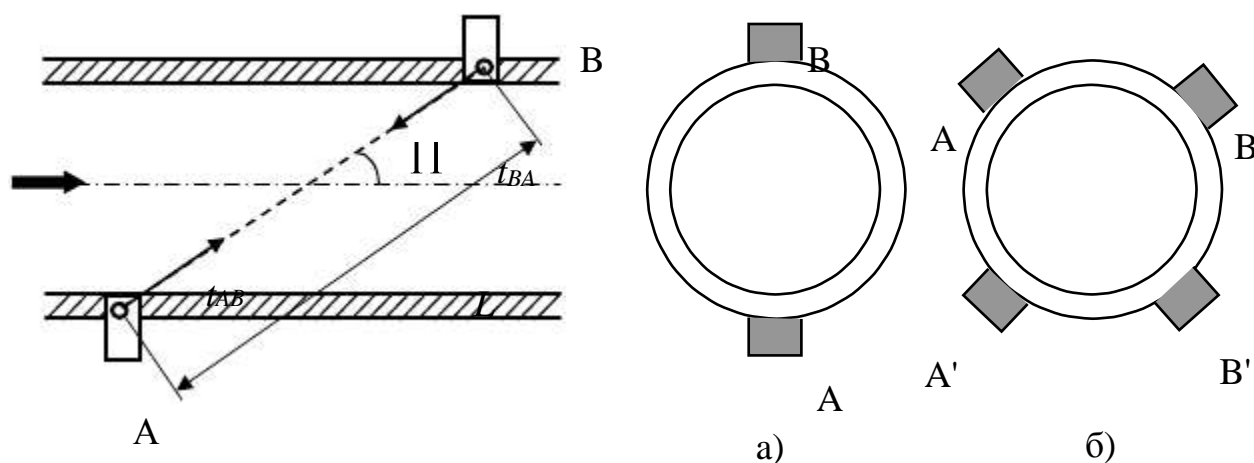


Рис.19 Схема измерения ультразвуковым расходомером:
а – с двумя преобразователями; б – с четырьмя преобразователями

Ультразвуковые расходомеры предназначены для измерения расхода почти всех продуктов, будь то жидкости или газы, агрессивные или коррозионные. Единственным условием является отсутствие в потоке большого количества твердых и газовых включений.

Измерение не зависит от электропроводности, вязкости, температуры, плотности и давления среды. Полнопроходное сечение исключает накопление отложений, потери давления и износ.

1.3.5. Вихревые и вихреакустические расходомеры

Принцип действия этих расходомеров основан на явлении, носящем название «эффект Ван Кармана», согласно которому при обтекании неподвижного твердого тела потоком жидкости за телом образуется вихревая

дорожка, состоящая из вихрей, поочередно срывающихся с противоположных сторон тела. На рис.20 показано обтекание цилиндра потоком и образование вихрей.

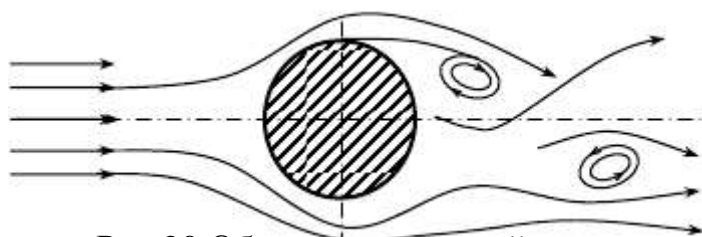


Рис.20 Образование вихрей

образование вихрей.

Частота образования вихрей за телом пропорциональна скорости потока. Детектирование вихрей и определение частоты их образования позволяет определить скорость и объемный расход среды.

В зависимости от способа детектирования частоты вихрей различают вихревые и вихреакустические расходомеры.

В **вихревых** расходомерах определение частоты вихреобразования производится при помощи двух пьезодатчиков, фиксирующих пульсации давления в зоне вихреобразования ("съем сигнала по пульсациям давления").

Конструктивно датчик представляет собой моноблок, состоящий из корпуса проточной части и электронного блока. В корпусе проточной части датчика размещены первичные преобразователи объемного расхода, избыточного давления и температуры (рис.21).

Электронный блок представляет собой плату цифровой обработки сигналов первичных преобразователей, заключенную в корпус. На входе в проточную часть датчика установлено тело обтекания 1.

За телом обтекания, по направлению потока газа, симметрично расположены два пьезоэлектрических преобразователя пульсаций давления 2. При протекании потока газа (пара) через проточную часть датчика за телом обтекания образуется вихревая дорожка, частота следования вихрей в которой с высокой точностью пропорциональна скорости потока, а, следовательно, и расходу. В свою очередь, вихреобразование приводит к появлению за телом обтекания пульсаций давления среды. Частота пульсаций

давления идентична частоте вихреобразования и, в данном случае, служит мерой расхода. Пульсации давления воспринимаются пьезоэлектрическими преобразователями, сигналы с которых в форме электрических колебаний поступают на плату цифровой обработки, где происходит вычисление объемного расхода и объема газа при рабочих условиях и формирование выходных сигналов по данным параметрам в виде цифрового кода.

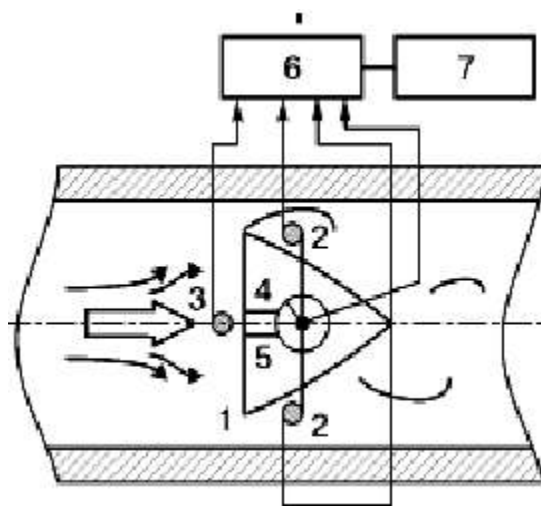


Рис.21 Вихревой расходомер:

1 – тело обтекания; 2 – преобразователь пульсаций давления; 3 – преобразователь избыточного давления; 4 – термопреобразователь; 5 – отверстия;
6 – плата цифровой обработки; 7 – вычислитель.

Преобразователь избыточного давления 3 тензорезистивного принципа действия размещен перед телом обтекания вблизи места его крепления. Он осуществляет преобразование значения избыточного давления потока в трубопроводе в электрический сигнал, который с выхода мостовой схемы преобразователя поступает на плату цифровой обработки. Термопреобразователь сопротивления платиновый (ТСП) 4 размещен внутри тела обтекания. Для обеспечения непосредственного контакта ТСП со средой в теле обтекания выполнены отверстия 5. Электрический сигнал термопреобразователя также подвергается цифровой обработке.

Плата цифровой обработки 6, содержащая два микропроцессора, производит обработку сигналов преобразователей пульсаций давления, избыточного давления и температуры, в ходе которой обеспечивается фильтрация паразитных составляющих, обусловленных влиянием вибрации, флуктуаций давления и температуры потока, и происходит формирование выходных сигналов многопараметрического датчика по расходу, объему при рабочих условиях, давлению и температуре в виде цифрового кода. Выходные сигналы передаются на вычислитель 7.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются счетчики по принципу действия?
2. Назовите основные характеристики счетчиков.
3. На чем основан принцип действия объемных счетчиков?
4. Чем определяется количество жидкости, прошедшей через скоростной счетчик?
5. Чем отличаются барабанный и ротационный газовые счетчики?
6. Какие сужающие устройства относятся к стандартным?
7. По какой зависимости определяется объемный расход по методу переменного перепада давления?
8. Какое из стандартных сужающих устройств дает больший перепад давления при одном и том же расходе?
9. Линейна ли зависимость разности давления до и после диафрагмы от измеряемого расхода?
10. Где наблюдается минимальное давление при измерении расхода методом переменного перепада давления?
11. Что входит в комплект расходомера переменного перепада давления?
12. Будет ли работать ротаметр, если в нем конусную трубку заменить цилиндрической?
13. Почему перепад давления не зависит от положения поплавка ротаметра и постоянен?
14. Линейна ли зависимость положения поплавка ротаметра от измеряемого расхода?
15. Назовите преимущества измерения расхода бесконтактными методами перед контактными.
16. Почему электромагнитным расходомером нельзя измерять расход неэлектропроводной жидкости?
17. Назовите основные недостатки электромагнитного расходомера с постоянным магнитным полем
18. Может ли ультразвуковой расходомер измерить расход неэлектропроводной жидкости?
19. Что является мерой расхода в ультразвуковом расходомере?

Тест

1. Дросселирование – это?
 - А) Сужение сечения трубопровода
 - Б) Расширение сечения трубопровода
 - В) Установка суживающего устройства (диафрагмы) в трубопровод
2. Прибор, измеряющий расход вещества в единицу времени.
 - А) Тахометрический счетчик
 - Б) Расходомер
 - В) Индикатор расхода
3. Сопло Вентури – это устройство состоящее из....?
 - А) Стандартного сопла и диффузора
 - Б) Стандартного сопла и конфузора
 - В) Тонкий диск и расширяющийся конус
4. Для определения расхода загрязненных, неоднородных жидкостей и газов применяют?
 - А) Диафрагмы
 - Б) Сопло
 - В) Сегментные диафрагмы
5. Для измерения расхода жидкости дифманометр устанавливают?
 - А) Ниже суживающего устройства
 - Б) Выше суживающего устройства
 - В) На одном уровне с суживающим устройством
6. Расходомер постоянного перепада давлений называют?
 - А) Ротамер
 - Б) Счетчиком количества
 - В) Турбинный расходомер
7. Прибор, который отмеривает определенный объем, проходящий через прибор вещества и суммирует результат измерения называют?
 - А) Скоростным счетчиком
 - Б) Объемным счетчиком
 - В) Шариковым расходомером
8. В ротамере с пневматическим выходным сигналом для передачи положения поплавка используется?
 - А) Дифференциально-трансформаторный преобразователь
 - Б) электромагнитная муфта
9. Приборы для измерения расхода агрессивных сред?
 - А) Электромагнитные расходомеры
 - Б) Расходомеры постоянного перепада давлений
 - В) Ультразвуковые расходомеры
 - Г) Расходомеры переменного перепада давлений

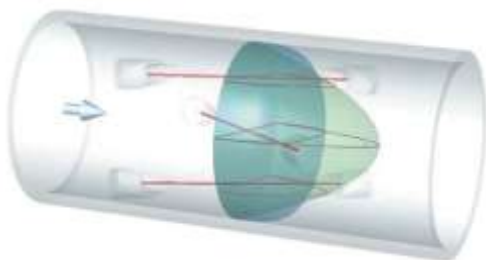
10. При измерении расхода газа дифманометры располагают?

- А) Ниже суживающего устройства
- Б) Выше суживающего устройства
- В) На одном уровне с суживающим устройством

11. Частота сигнала (f) ультразвука:

- А) 0 - 20 Hz
- Б) 20 Hz - 20 kHz
- В) >20 kHz

12. Принцип действия какого расходомера показан на рисунке?



- А) Вихревого
- Б) Электромагнитного
- В) Ультразвукового

13. Единицы измерения объемного расхода

- А) [м³/ч]
- Б) [т/ч]

14. Как определить массовый расход?

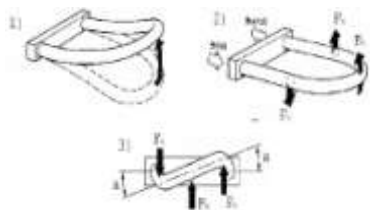
- А) $Q_o = v \cdot S$;
- Б) $Q_m = Q_o \cdot \rho$

15. Как называется деталь, используемая при монтаже расходомеров



- А) Прокладка
- Б) Фланец
- В) Соединительная муфта

16. Принцип действия какого расходомера показан на рисунке?



- А) Вихревого
- Б) Кориолисового
- В) Ультразвукового

Список литературы

1. Баранов И. Н. Создание полупроводниковых датчиков давлений на основе структуры "кремний на диэлектрике" // Автоматизация и управление в технических системах, 2005. - Вып. 24.
2. Бармин А.В. Радарные системы контроля уровня. //Современные технологии автоматизации. №4, 2002.
3. Белевцев А. и др. Термоэлектрические преобразователи температуры. Теория, практика, развитие. //Современные технологии автоматизации. №2, 2004.
4. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. - М., Энергоатомиздат, 1992.
5. Государственный стандарт РФ ГОСТ 8.585-2001. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования. – Москва: Госстандарт России, 2001.
6. Гуртовцев А. Измерение давления в автоматизированных системах. //Современные технологии автоматизации. №4, 2001.
7. Жданкин В.К. Сигнализаторы изменения уровня. //Современные технологии автоматизации. №2, 2002.
8. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: Учебник.- 4-е изд., стер.- М.: Альянс, (гриф МО), 2008.
9. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.586.1-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования – М.: Стандартиформ, 2007.
10. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.586.2-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования– М.: Стандартиформ, 2007.
11. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.586.3-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования– М.: Стандартиформ, 2007.
12. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.586.4-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури. Технические требования– М.: Стандартиформ, 2007.

13. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений: Учебник для вузов – М.: Издательский центр «Академия», 2003.
14. Тематический каталог ПГ «Метран», 2007.
15. Тематический каталог фирмы «Krohne», 2006.
16. Технические измерения и приборы. Часть 1. Измерение теплоэнергетических параметров: Учебное пособие для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств»/ Н.В. Чистофорова, А.Г.Колмогоров. – Ангарск, АГТА, 2008. – 200 с.
17. Яковлев В. Структура измерительной системы на базе пассивных датчиков. // Современные технологии автоматизации. №1, 2002.