

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОДУКЦИИ СКВАЖИН

Лекция 3

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОДУКЦИИ СКВАЖИН

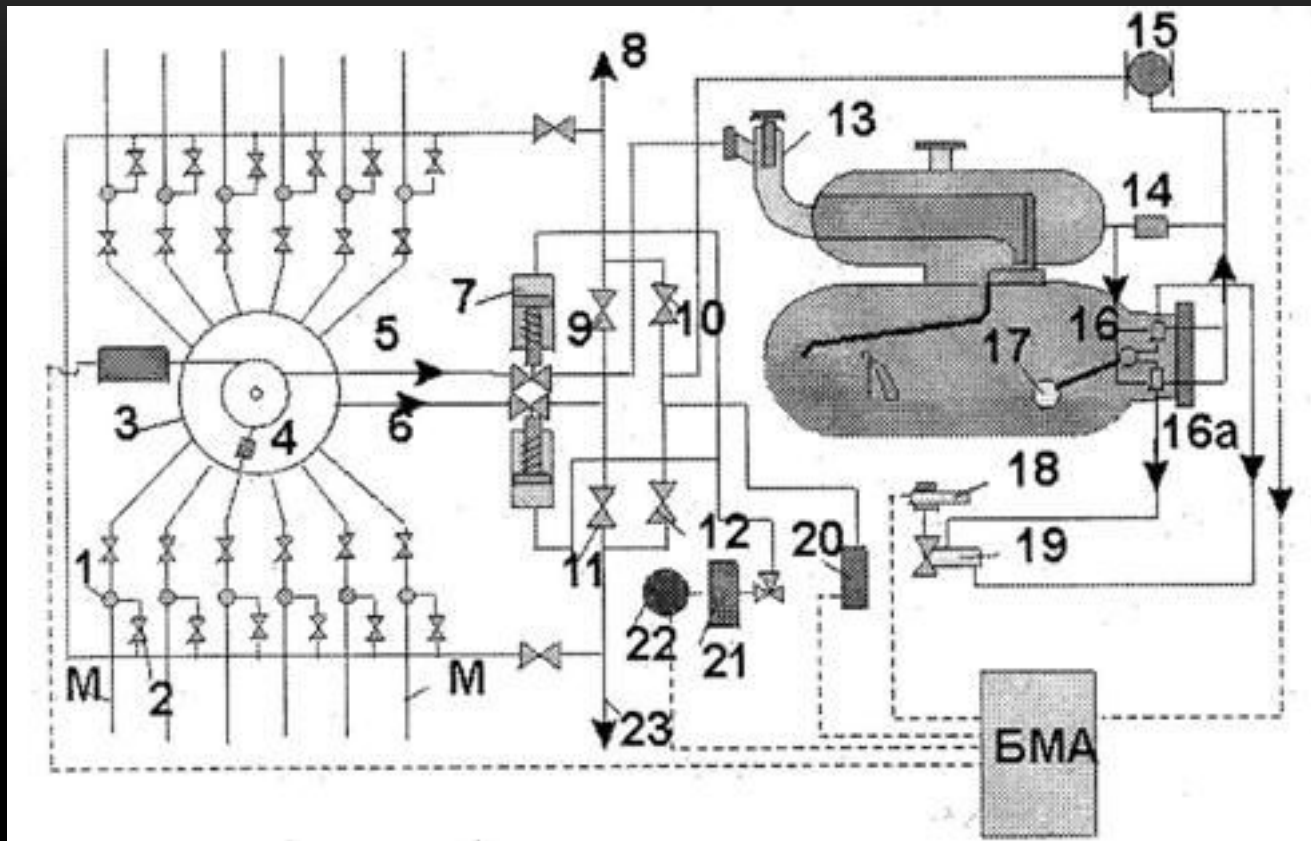
В настоящее время разработаны и широко применяют автоматические групповые замерные установки (АГЗУ) по замеру продукции скважин: «Спутник-А», «Спутник-Б» и «Спутник-В»

Назначение:

1. для автоматического переключения скважин на замер;
2. автоматического измерения дебита скважин, подключенных к АГЗУ;
3. контроля за работой скважин по наличию подачи жидкости и автоматической блокировки скважин при аварийном состоянии.

На АГЗУ установлен автоматический влагомер нефти, который непрерывно определяет процентное содержание воды в потоке нефти, так же автоматически при помощи турбинного расходомера измеряется количество выделившегося из нефти в гидроциклоне свободного газа.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОДУКЦИИ СКВАЖИН



1 — обратные клапана; 2 — задвижки; 3 — переключатель скважин многоходовой (ПСМ);
4 — ротный переключатель скважин; 5 — замерная линия; 6 — общая линия;
7 — отсекающий; 8 — коллектор обводненности нефти; 9 и 12 — задвижки закрытые;
10 и 11 — задвижки открытые; 13 — гидроциклонный сепаратор; 14 — регулятор перепада
давления; 15 — расходомер газа; 16 и 16а — золотники; 17 — поплавок;
18 — расходомер жидкости; 19 — поршневой клапан; 20 — влагомер; 21 — гидропривод;
22 — электродвигатель; 23 — сборный коллектор; М — выкидные линии от скважин

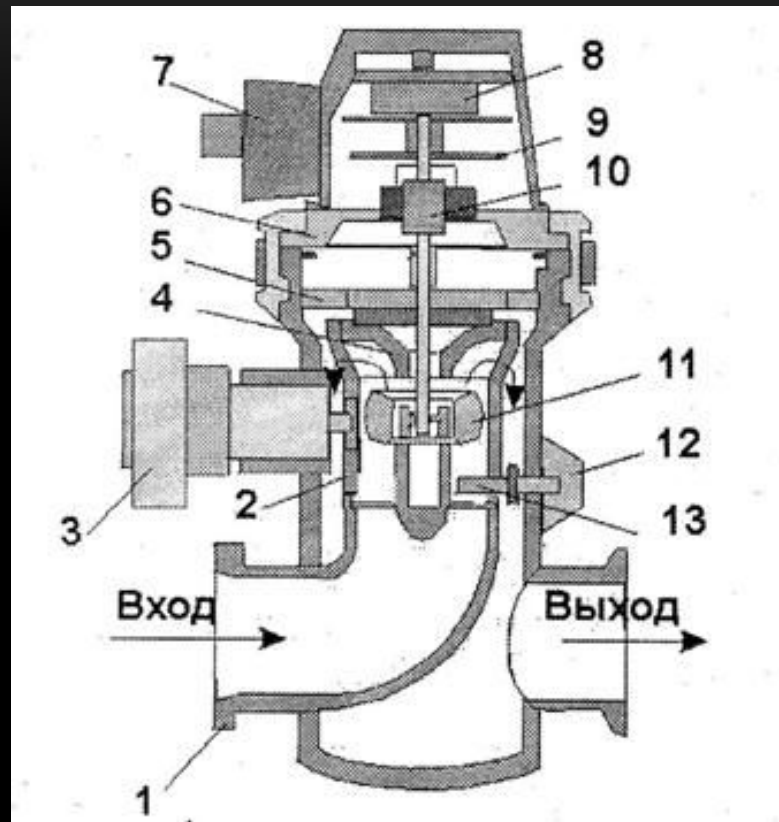
АГЗУ СПУТНИК

- Состоит из двух блоков: замерно-переключающего и блока местной автоматики (БМА), в котором происходят автоматическая регистрация измеренного дебита скважин и переключение их на замер. «Спутник-Б-40» работает по задаваемой программе, обеспечивающей поочередное подключение на замер скважин на строго определенное время. Продолжительность замера продукции одной скважины определяется требованиями службы разработки НГДУ при помощи реле времени, установленного в БМА.

ПРИНЦИП РАБОТЫ АГЗУ СПУТНИК

- Когда поплавок 17 уровнемера находится в крайнем нижнем положении, верхняя вилка поплавкового механизма нажимает на верхний выступ золотника, в результате чего повышенное давление от регулятора 14 передается на правую часть поршневого клапана 19 и прикрывает его; подача жидкости прекращается, и турбинный расходомер 18 перестает работать. С этого момента уровень жидкости в сепараторе повышается. Как только уровень жидкости в сепараторе достигнет крайнего верхнего положения и нижняя вилка поплавкового механизма нажмет на выступ золотника 16а, повышенное давление от регулятора 14 действует на левую часть поршневого клапана 19 и открывает его; начинается течение жидкости в системе, и турбинный расходомер отсчитывает количество прошедшей через него жидкости.
- Для определения процента обводненности нефти на «Спутнике» установлен влагомер 20, через который пропускается вся продукция скважины.

ТУРБИННЫЙ РАСХОДОМЕР TOP-1



- 1 — сварной корпус; 2 — обтекатель; 3 — магнитно-индукционный датчик;
4 — экраноотражатель; 5 — понижающий зубчатый редуктор; 6 — перегородки;
7 — электромагнитный датчик; 8 — механический счетчик; 9 — диск с магнитами;
10 — магнитная муфта; 11 — крыльчатка; 12 — крышка; 13 — регулирующая лопатка

ПРИНЦИП РАБОТЫ TOP-1

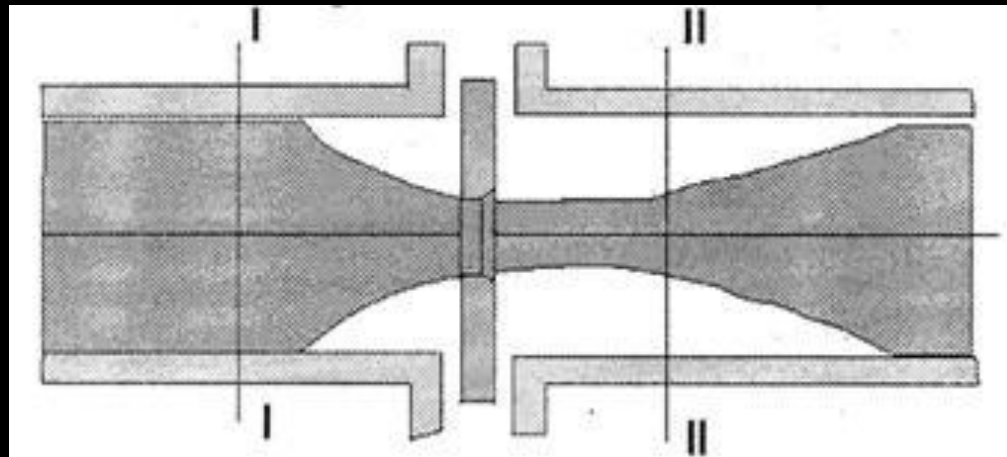
- Жидкость, проходя через входной патрубок корпуса 1 и обтекатель 2, попадает на лопатки крыльчатки 11 и приводит ее во вращение. После крыльчатки направление движения жидкости экраном изменяется на 180° , и она через окна обтекателя поступает в выходной патрубок.
- Число оборотов крыльчатки прямо пропорционально количеству прошедшей жидкости. Вращательное движение крыльчатки передается через понижающий редуктор и магнитную муфту на механический счетчик со стрелочной шкалой (цена деления 0.005 м³).
- Одновременно со стрелкой механического счетчика вращается находящийся с ней на одной оси диск 9 с двумя постоянными магнитами, которые, проходя мимо электромагнитного датчика, замыкают расположенный в нем магнитоуправляемый контакт. Получаемые при этом электрические сигналы регистрируются на блоке управления счетчиком, т. е. дублируют показания местного механического счетчика. В то же время каждая лопатка, проходя мимо магнитоиндукционного датчика, выдает электрический сигнал, который регистрируется в блоке регистрации.

ОБЪЁМНЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

- К устройствам, определяющим объемный расход вещества, могут быть отнесены следующие расходомеры: переменного перепада давления, турбинные, ультразвуковые, звуковые, индукционные, гидродинамические), тепловые. Такие расходомеры могут быть разделены на две группы.
- К первой группе относятся устройства, в которых чувствительный элемент непосредственно преобразует скорость потока в измерительный сигнал. К этой группе относятся, например, крыльчато-тахометрические расходомеры, термоанемометры с охлаждаемой нитью и другие устройства.
- Ко второй группе относятся устройства, в которых в потоке создаются промежуточные измерительные параметры, по изменению которых можно судить о величине скорости, а следовательно, и объемного расхода. Такими промежуточными параметрами могут являться звуковые и ультразвуковые колебания, возбуждаемые или распространяющиеся в потоке, ионизация потока, формирование в движущейся среде ионного тока, создаваемого под действием внешнего магнитного поля, и т. п. К этой группе расходомеров относятся индукционные, ультразвуковые, некоторые тепловые, а также расходомеры, создающие метки в потоке.

РАСХОДОМЕРЫ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

- Принцип действия расходомеров данного типа, объединенных единым методом измерений, основан на измерении перепада давления, образующегося в результате местного изменения скорости потока жидкости, газа или пара.



РАСХОДОМЕРЫ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Для измерения расхода жидкостей, газов и паров по перепаду давления необходимы три элемента, объединенные общим понятием расходомер переменного перепада:

- 1. устройство, создающее перепад давления в потоке измеряемой среды за счет местного изменения скорости потока или по величине (сужающие устройства), или по направлению (изогнутые участки трубы);
- 2. измерительный прибор — дифференциальный манометр (сокращенно дифманометр), измеряющий перепад давления;
- 3. соединительное устройство, передающее перепад давления от потока к дифманометру.

Иногда к этим элементам добавляются еще вторичный преобразователь, преобразующий показания дифманометра в электрический или пневматический сигнал, и вторичный прибор для регистрации этого сигнала.

ТУРБИННЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

- Крыльчато-тахометрические (турбинные) расходомеры относятся к скоростным расходомерам, в которых для создания крутящего момента на измерительной крыльчатке используется кинетическая энергия измеряемого потока.
- Турбинные расходомеры являются наиболее точными приборами для измерения расхода жидкостей. Приведенная погрешность измерения расхода турборасходомерами составляет величину порядка 0.5 – 1.0 % (известны турборасходомеры с приведенной погрешностью 0.1 – 0.2 %).

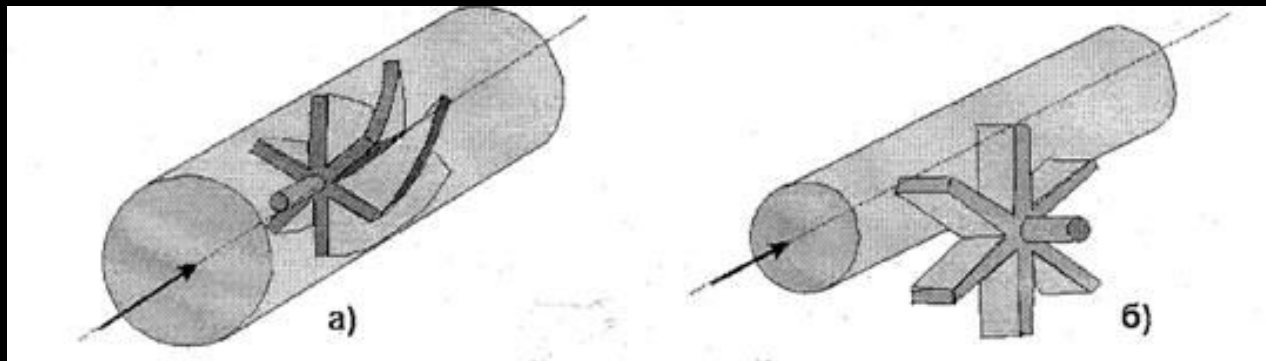
ТУРБИННЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

Преимущества:

- Простая конструкция;
- Высокая чувствительность;
- Высокий предел измерений;
- Широкий диапазон измеряемых сред;

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Принцип работы крыльчато-тахометрических расходомеров, предназначенных для измерения потоков, заключается в следующем. В измеряемый поток помещается сбалансированная легкая крыльчатка, вращающаяся в подшипниках, обладающих малым трением. Крыльчатка под давлением движущегося потока совершает вращательное движение. При стационарном режиме скорость ее вращения пропорциональна скорости потока. Конструктивно крыльчатка может быть выполнена аксиальной или тангенциальной.

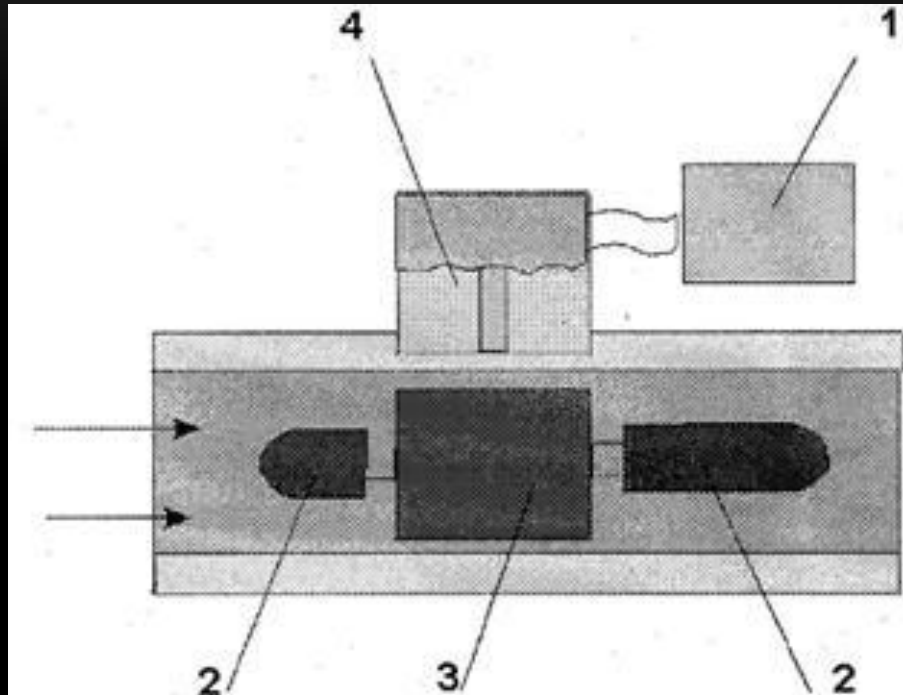


а — аксиальная; б — тангенциальная

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

- Измерение числа оборотов крыльчатки может производиться различными способами: электрическим, радиоактивным, фотоэлектрическим и др. Полученный пульсирующий электрический сигнал, число пульсаций которого в единицу времени пропорционально числу оборотов крыльчатки, после усиления подается на частотомер, измерительный сигнал с которого поступает на регистрирующий прибор
- Для осуществления процесса измерений турбинный расходомер должен состоять, по крайней мере, из трех элементов: турбинного датчика 3; первичного преобразователя 4, отсчетной системы (регистратора) 1.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ



1 — регистратор; 2 — подшипники; 3 — турбинный датчик; 4 — первичный преобразователь

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Основными эксплуатационными факторами, существенно влияющими на точность измерения расхода турбинными расходомерами, являются:

- изменение вязкости измеряемой среды;
- износ опор;
- закрутка потока, вызванная влиянием местных сопротивлений.

Вследствие этого данные приборы мало пригодны для измерения расхода загрязненных или абразивных сред, а также жидкостей, сильно меняющих свою вязкость при числах Рейнольдса, меньших критических (переход ламинарного течения к турбулентному).

Влияние местных сопротивлений, закручивающих поток, в значительной мере устраняется, если перед турбинным датчиком установить специальные направляющие или сопловые аппараты. В этом случае для нормальной эксплуатации турбинных датчиков не требуется столь длинных прямых участков трубопровода как для других типов расходомеров.

Сравнительно редко применяют турбинные расходомеры для измерения расхода газов.

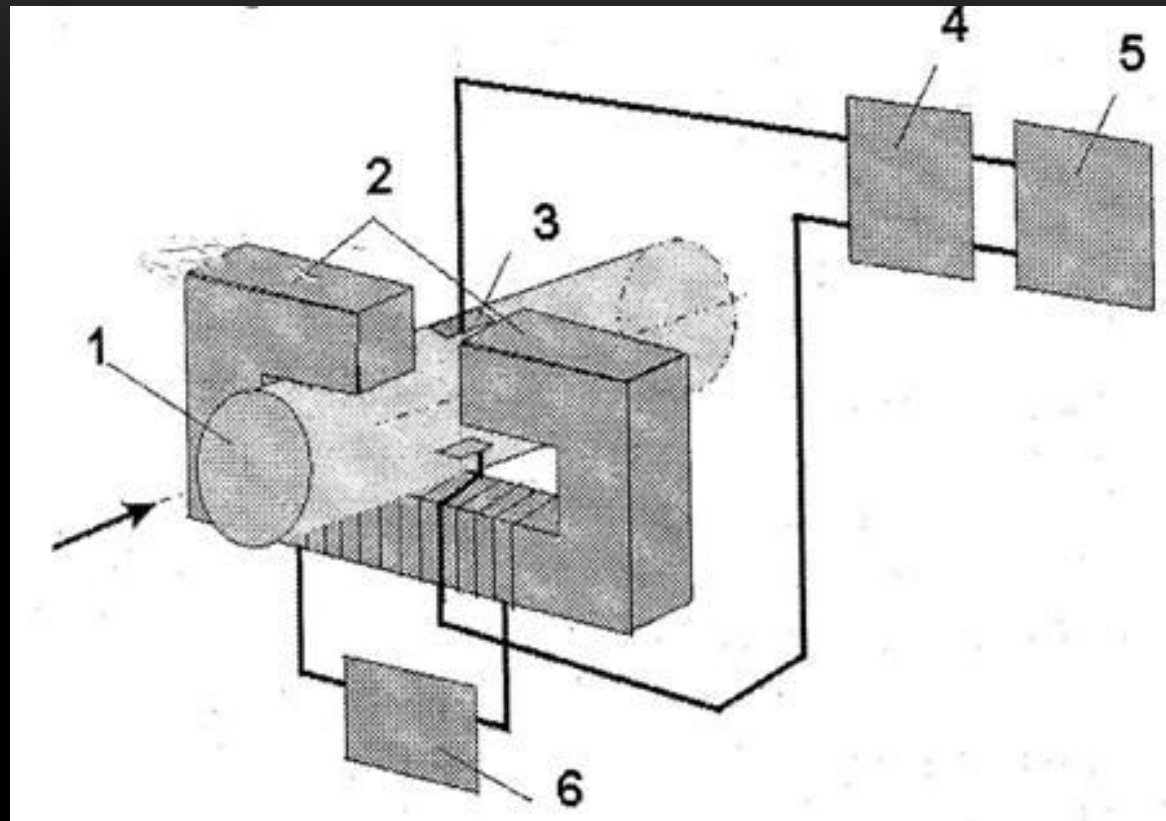
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ (ИНДУКЦИОННЫЕ) РАСХОДОМЕРЫ

- Для контроля нестационарных потоков нашли применение некоторые прикладные области магнитной гидродинамики — науки, которая изучает взаимодействие электромагнитного поля с жидкими или газообразными проводящими потоками. Для определения скорости потока используются различные методы непосредственного или косвенного измерения разности потенциалов, индуцируемых при движении жидкости в трубопроводе при наличии поперечного магнитного поля.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

- В проводнике, пересекающем силовые линии магнитного поля, индуцируется э.д.с., пропорциональная скорости движения проводника. При этом направление тока, возникающего в проводнике, перпендикулярно направлению его (проводника) движения и направлению магнитного поля. Это известный закон электромагнитной индукции — закон Фарадея.
- Если заменить проводник потоком проводящей жидкости, текущей между полюсами магнита, и измерять э.д.с., наведенную в жидкости по закону Фарадея, можно получить принципиальную схему электромагнитного расходомера.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ



1 — трубопровод; 2 — полюса магнита; 3 — электроды для съема э.д.с.;
4 — электронный усилитель; 5 — отсчетная система; 6 — источник питания магнита

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Преимущества:

- Электромагнитные расходомеры малоинерционны по сравнению с расходомерами других типов. Поэтому они незаменимы в тех процессах автоматического регулирования, где запаздывание играет существенную роль, или при измерении быстро меняющихся расходов.
- Датчики электромагнитных расходомеров не имеют частей, выступающих внутрь трубопровода, сужений или изменений профиля. Благодаря этому гидравлические потери на датчике минимальны.
- Датчик расходомера и технологический трубопровод можно чистить и стерилизовать без демонтажа. Отсутствие полых углублений исключает застаивание и осаждение измеряемого продукта.
- На показания электромагнитных расходомеров не влияют взвешенные в жидкости частицы и пузырьки газа, изменение профиля распределения скоростей потока, а также физико-химические свойства измеряемой жидкости (вязкость, плотность, температура и т.п.), если они не изменяют ее электропроводность.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Преимущества:

- Датчики электромагнитных расходомеров можно монтировать в любом положении на расстояниях, равных не менее 20 диаметров трубопровода после местных сопротивлений, нарушающих осесимметричное течение потока, и не менее 8 диаметров до местных сопротивлений.
- Конструкция датчиков позволяет применять новейшие изоляционные, антикоррозийные и другие покрытия, что дает возможность измерять расход агрессивных и абразивных жидкостей.

Недостатки:

- Электромагнитные расходомеры непригодны для измерения расходов газов, а также жидкостей с электропроводностью менее 10^{-3} - 10^{-5} сим/м (10^{-5} - 10^{-7} ом $^{-1}$ см $^{-1}$), например, легких нефтепродуктов, спиртов и т. п.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Недостатки:

- Поляризация измерительных электродов, при которой изменяется сопротивление датчика, а следовательно, появляются существенные дополнительные погрешности

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

Принцип действия ультразвуковых расходомеров может быть основан на измерении:

- времени прохождения ультразвуковых колебаний по потоку и против него;
- сдвига фаз между ультразвуковыми колебаниями, направляемыми по потоку и против него;
- разности частот ультразвуковых колебаний, создаваемых автоколебательной схемой и направляемых одновременно по потоку и против него;
- величины сноса потоком луча ультразвуковых колебаний.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

Измерительные схемы ультразвуковых расходомеров первых трех типов могут быть классифицированы следующим образом:

- двухканальные, в которых имеются два отдельных акустических канала и соответственно две пары пьезопреобразователей;
- одноканальные, в которых имеются только два пьезопреобразователя, служащие попеременно излучателями и приемниками ультразвука.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

По акустическим свойствам все конструкции датчиков можно разделить на два основных типа:

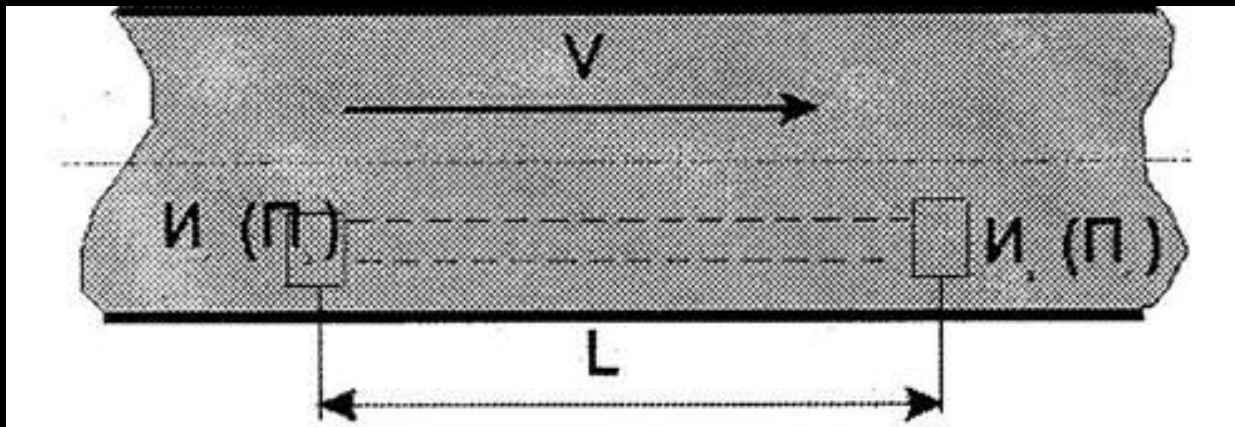
Оптимальный тип датчика для данного конкретного случая измерения расхода жидкости должен определяться условиями измерения и в особенности характеристиками измеряемого вещества.

В большинстве случаев при измерении расхода агрессивных жидкостей и пульп поверхность пьезоэлементов должна быть защищена от соприкосновения с контролируемой средой посредством звукопроводящих элементов, параметры которых должны учитываться при расчетах.

Необходимо отметить, что одноканальные схемы ультразвуковых расходомеров в принципе обеспечивают гораздо более высокую точность измерений, чем соответствующие двухканальные схемы.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Принципиальная схема ультразвукового расходомера приведена на рисунке. Звуковые колебания высокой частоты (20 кгц и выше), создаваемые электроакустическим излучателем (вибратором), проходят через поток измеряемой среды и регистрируются приемником, отстоящим от излучателя на расстояние.



УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

Прибор регистрирует разность времён распространения акустической волны по течению и против течения. На основе этой разницы определяется скорость потока.

Погрешность измерения расхода существующими ультразвуковыми расходомерами составляет величину порядка 2 – 5 % от верхнего предела шкалы. Столь невысокая точность измерений объясняется: зависимостью показаний от профиля скоростей или числа Рейнольдса; изменением скорости распространения ультразвука в измеряемой среде при изменении ее давления, температуры, концентрации; влиянием реверберации (многократного отражения ультразвуковой волны); погрешностями, возникающими в электронной измерительно-преобразовательной схеме; погрешностями, вносимыми акустической асимметрией условий прохождения ультразвуковой волны по движению потока и против него, и т. п.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ

Ультразвуковые расходомеры более приемлемы для измерения высоких расходов. При этом, чем меньше скорость потока по отношению к скорости распространения звука в контролируемой среде, тем, как правило, сложнее и точнее должна быть применяемая аппаратура

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА В ЕДИНИЦАХ МАССЫ (МАССОВЫЕ РАСХОДМЕРЫ)

- Необходимость автоматического контроля массовых расходов нестационарных потоков относится к тем областям промышленности, где вес (масса) рабочего агента является критерием оценки качественных и технико-экономических показателей различных промышленных процессов.
- В последнее время возникла необходимость осуществления автоконтроля полей массовых скоростей (расходов) на ряде объектов, на которых имеют место нестационарные монолитные или разделенные потоки многофазных сред или сред, представляющих собой растворы и смеси веществ, имеющих различные удельные веса.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА В ЕДИНИЦАХ МАССЫ (МАССОВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ)

- В зависимости от возможности универсального измерения массовых расходов различных веществ массовые расходомеры различных принципов действия могут быть разделены на две группы.
- К расходомерам первой группы относятся такие устройства, в которых измерение массового расхода является следствием используемого принципа измерения. В таких устройствах измеряется непосредственно массовый расход вне зависимости от физической сущности и свойств измеряемого вещества и его параметров. Такие расходомеры универсальны и могут быть применены для измерения расхода любых веществ. Примерами таких устройств являются турборасходомеры, расходомеры с определением расхода по усилию Кориолиса, гироскопические расходомеры.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА В ЕДИНИЦАХ МАССЫ (МАССОВЫЕ РАСХОДМЕРЫ)

- К расходомерам второй группы относятся устройства, которые по своему принципу действия не являются измерителями массового расхода, но благодаря применению специальных датчиков и корректирующих схем могут определять массовый расход вне зависимости от физической сущности измеряемого вещества и изменения его свойств и параметров под влиянием внешних условий. Однако, как правило, такие устройства предназначены для определения расходов сравнительно небольшого диапазона веществ, так как определенные физические параметры вещества все-таки оказывают «влияние на точность измерения таких расходомеров. К таким устройствам, в первую очередь, относятся различные скоростные расходомеры, снабженные датчиками плотности и соответствующими корректирующими схемами, а также ультразвуковые и некоторые тепловые расходомеры.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА В ЕДИНИЦАХ МАССЫ (МАССОВЫЕ РАСХОДМЕРЫ)

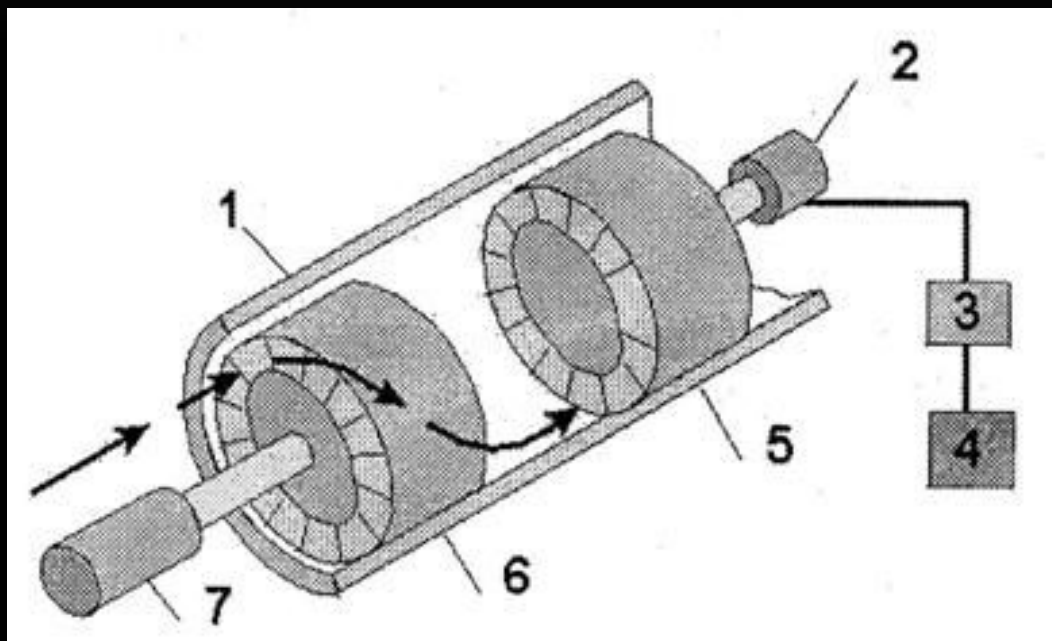
- Рациональность применения того или иного типа массовых расходомеров определяется эксплуатационными требованиями. В тех случаях, когда необходимо измерять расходы весьма разнообразных веществ, наиболее рациональным является применение расходомеров первой группы.
- Универсальные массовые расходомеры являются единственно пригодными устройствами для измерения многокомпонентных потоков, состоящих из двух (или более) несмешивающихся веществ (например, жидкие потоки с газовыми включениями).

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА В ЕДИНИЦАХ МАССЫ (МАССОВЫЕ РАСХОДМЕРЫ)

- Принцип действия универсальных расходомеров основан на том, что потоку измеряемого вещества сообщается дополнительное движение, чтобы создать в потоке инерционные эффекты, по которым судят о величине массового расхода. В связи с этим данные расходомеры называют ещё инерционными. В зависимости от того, какое именно дополнительное движение сообщается потоку (при помощи вращающегося или колеблющегося звена), на чувствительном элементе прибора возникает или усилие Кориолиса, или гироскопический, или инерционный момент.
- Существуют инерционные расходомеры двух типов: расходомеры с вращающимся или колеблющимся участком трубопровода сложной конфигурации. К ним относятся гироскопические и кориолисовы расходомеры; турборасходомеры.

МАССОВЫЕ ТУРБОРАСХОДОМЕРЫ

- Данные приборы из-за простоты конструкции и достаточно высокой точности измерения массового расхода получили широкое применение за рубежом и успешно осваиваются отечественной промышленностью.



1 — корпус прибора; 2 — упругое звено с чувствительным элементом; 3 — усилитель; 4 — регистратор (отсчетное устройство); 5 — ведомая турбина; 6 — ведущая турбина; 7 — приводной электродвигатель

МАССОВЫЕ ТУРБОРАСХОДОМЕРЫ

- При постоянной угловой скорости вращения ведущей турбинки массовый расход характеризуется деформацией упругого элемента и углом поворота ведомой турбинки, который преобразуется в пропорциональный электрический сигнал.
- Погрешность измерения массового расхода турборасходомерами может быть доведена до $\pm (0.5 - 1)\%$ от верхнего предела измерений. Повышение точности лимитируется трудностями поддержания постоянства числа оборотов ведущей турбинки, нестабильностью характеристик упругих элементов, воспринимающих действие инерционного момента, и изменением к. п. д. приводного двигателя при изменении нагрузки (расхода).
- Кроме того, на показания турборасходомеров влияет изменение вязкости измеряемой среды, а их надежность ограничивается наличием изнашивающихся опор.