

# **ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА**

## Единицы измерения расхода. Классификация приборов

**Расходом** называется количество газа или жидкости, протекающее через поперечное сечение трубопровода в единицу времени.

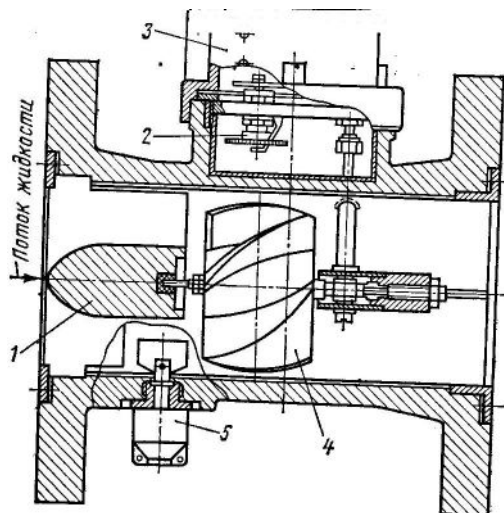
В СИ расход может быть объемный  $Q$ , выражаемый в  $\text{м}^3/\text{с}$ , масс или массовым  $M$ , выражаемый в  $\text{кг}/\text{с}$ . Внесистемной единицей измерения расхода является литр в секунду ( $\text{л}/\text{с}$ ).

**Средней скоростью** потока называется отношение объемного расхода к площади поперечного сечения потока:  $v_{\text{cp}} = Q/F$ .

## Тахометрические приборы

Тахометрические (или турбинные) расходомеры относятся к наиболее точным приборам для измерения расхода жидкости. Погрешность этих приборов составляет 0,5—1,0%. К преимуществам приборов данного типа относятся простота конструкции, высокая чувствительность, возможность измерений больших и малых расходов.

К основным элементам прибора относятся тахометрический датчик и отсечное устройство. Принцип действия прибора основан на суммировании за определенный период времени числа оборотов помещенного в поток вращающегося ротора, частота которого пропорциональна средней скорости протекающей жидкости, т. е. расходу. Счетный механизм расходомера связан с помощью редуктора тахометрическим ротором. По счетному устройству определяется значение расхода.



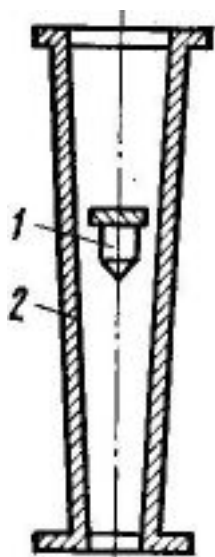
## Приборы постоянного перепада

Расходомеры обтекания, относящиеся к расходомерам постоянного перепада давления, нашли широкое применение в измерении расходов газов и жидкостей.

Название приборов (расходомеры обтекания) связано с тем, что рабочая среда (газ или жидкость) обтекает чувствительный элемент прибора — поплавок.

Расходомеры обтекания имеют: высокую чувствительность; малую стоимость, незначительные потери давления; простоту конструкции и эксплуатации; возможность использования при измерении агрессивных жидкостей и газов, а также в тех случаях, когда невозможно использовать другие приборы измерения расхода.

Наиболее распространенным типом такого расходомера является ротаметр .



а)  
Ротаметр

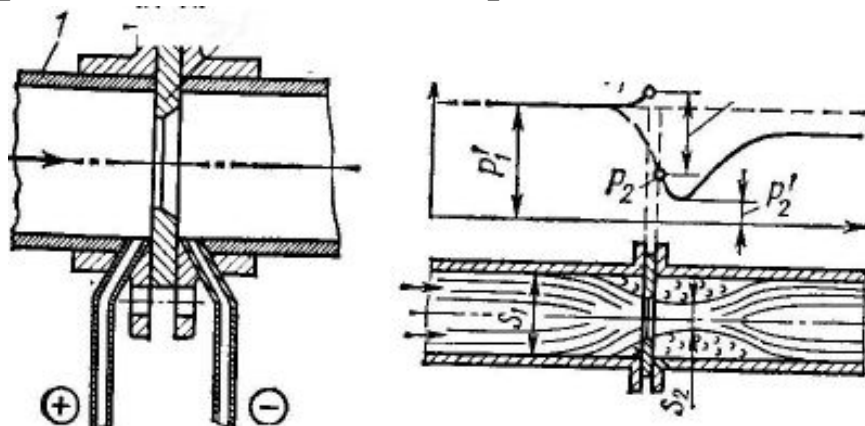
Принцип действия ротаметров состоит в том, что гидродинамическое давление измеряемого потока среды воздействует снизу на поплавок и вызывает его вертикальное перемещение. Под действием перемещения поплавок из-за конусности трубки изменяется площадь проходного сечения между поплавком и трубкой, а перепад давления по обе стороны поплавка остается постоянным. Поэтому такие приборы называют расходомерами постоянного перепада давлений.

Как правило, ротаметры тарируют по воде или воздуху. При использовании приборов для определения расхода других жидкостей и газов в градуировочную кривую вносят поправочный коэффициент, учитывающий плотность измеряемого газа или жидкости.

## Приборы переменного перепада

Для автоматического измерения расходов пара, газов и жидкостей используют различные типы расходомеров переменного перепада. Принцип действия таких приборов, объединенных общим методом измерений, основан на измерении перепада давления, образующегося в результате изменения скорости измеряемого потока на специальном сужающем устройстве, называемом диафрагмой.

Рассмотрим явления, возникающие при прохождении жидкости или газа через сужающее устройство, установленное в трубопроводе. При протекании жидкости или газа через сужающее устройство часть потенциальной энергии давления переходит в кинетическую энергию, при этом средняя скорость потока в суженном сечении повышается, а давление уменьшается. Таким образом при протекании газа или жидкости образуется разность давлений до и после сужающего устройства. Разность этих давлений (перепад давлений) зависит от скорости (расхода) протекающего вещества. Величина перепада давлений измеряется специальными устройствами, называемыми дифференциальными манометрами.

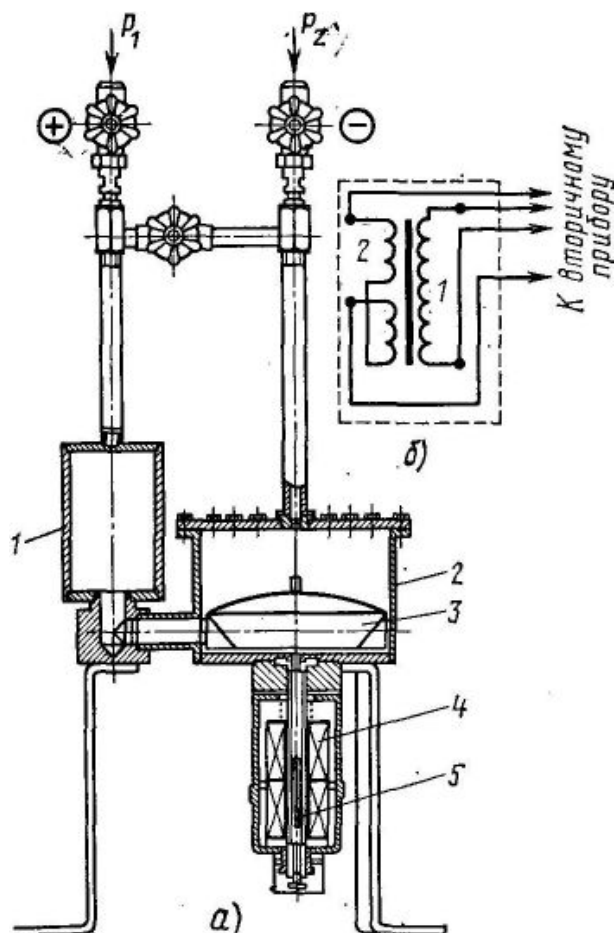


## Дифференциальные расходомеры

Наиболее распространенными типами расходомеров переменного перепада давлений являются дифференциальные манометры следующих типов: поплавковые, сильфонные, мембранные, колокольные, пневматические.

**Поплавковые дифманометры** работают на принципе сообщающихся сосудов разных диаметров. Под действием перепада давлений, подведенного к обоим сосудам, изменяется уровень жидкости в дифманометре, что вызывает перемещение поплавка, находящегося в одном из сосудов.

*т. е. величина перепада давления  $\Delta P$  определяется изменением уровня ртути  $H_1$  в первом сосуде, что показывает принцип действия поплавковых дифференциальных манометров.*

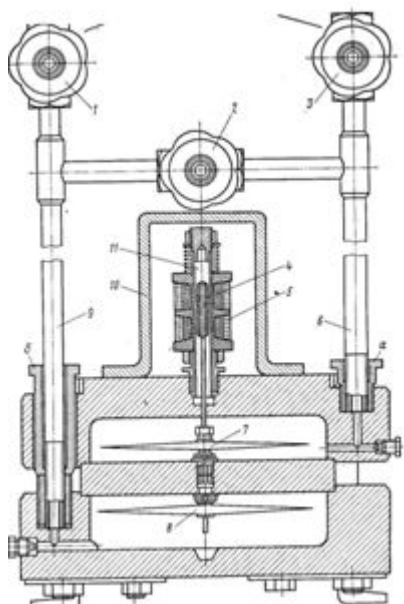


Поплавковый расходомер типа ДПЭМ-2:  
а — общий вид, б схема датчика

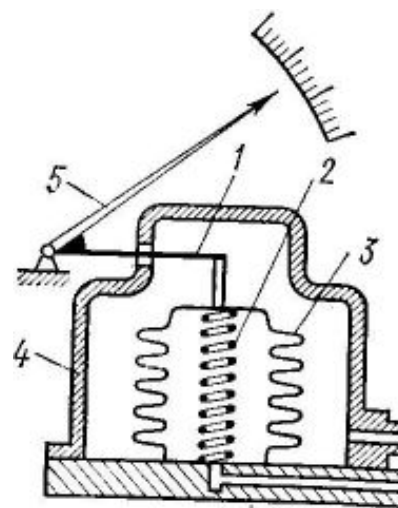
**Сильфонные и мембранные дифманометры**, имеющие небольшую инерционность и практически неограниченный верхний предел измерения, относятся к пружинным дифманометрам.

Чувствительными элементами таких дифманометров, воспринимающих перепад давлений, являются сильфоны и мембраны.

Принцип действия сильфонного дифманометра основан на уравнивании измеряемого перепада давления силами упругих деформаций сильфонов. Для создания противодействующей силы сильфоны дополняются винтовыми пружинами. Практические схемы дифманометров, имеющих сильфонные блоки из двух сильфонов, соединенных между собой регулируемым дросселем — демпфером, сложнее приведенной схемы, по которой можно представить общий принцип действия прибора.



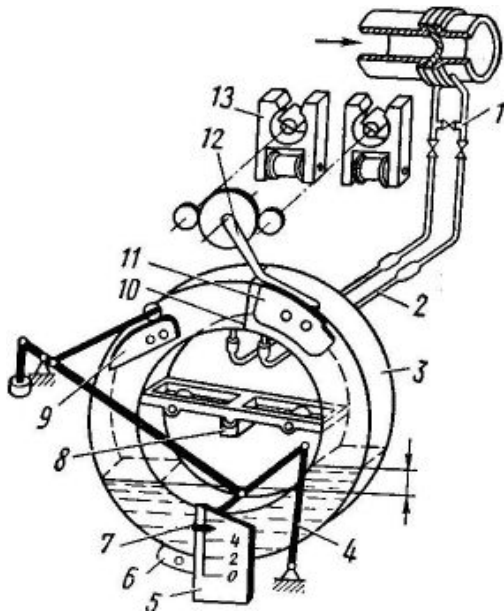
**Мембранный дифманометр**



**Сильфонный дифманометр**

**Кольцевой дифференциальный манометр** типа ДК-Ф, работающий по методу переменного перепада давлений, применяется для измерения расхода и разности давлений неагрессивных газов и жидкостей. Отличительной особенностью кольцевых дифманометров является возможность их использования при измерении малых перепадов давлений.

Чувствительным элементом прибора является заполненное до половины высоты рабочей жидкостью (трансформаторным маслом или водой) полое подвижное кольцо 3, установленное на опоре 8. В верхней части кольцо разделено перегородкой 10 на два отсека, в которые от камеры через импульсные трубки 2 подается измеряемый перепад давлений. В нижней части кольца укреплен груз — противовес 6.



**Кольцевой дифманометр типа ДК-Ф:**

1,2—трубки отборов, 3—подвижное кольцо, 4—связь, 5 — шкала, 6 — противовес, 7 — стрелка, 8 — опора, 9 — лекало, 10 — перегородка, 11—накладка, 12 — кронштейн, 13 — преобразователь

Под действием перепада давлений жидкость, являющаяся гидравлическим затвором, отделяющим плюсовую и минусовую полости кольцевой камеры, перемещается из камеры с большим давлением (плюсовой) в камеру с меньшим давлением (минусовую). При этом центр тяжести кольца изменяется, происходит его разворот на опоре 8 на определенный угол. Угол поворота кольца определяется равенством момента вращения  $M_{вр}$ , создаваемого перепадом давлений и противодействующим моментом  $M_{пр}$  груза — противовеса 6;  $M_{вр} = M_{пр}$ .

Передаточный механизм преобразует угловое перемещение кольца в перемещение стрелки показывающего прибора



**Колокольные дифманометры** типа ДКО в качестве чувствительного элемента имеют колокол *10*, частично погруженный в масло. Плюсое (большее) давление подводится под колокол, минусое (меньшее) — в пространство над колоколом. Под действием перепада давлений колокол начинает перемещаться вверх. Объем части колокола, погруженного в масло, уменьшается. При этом уменьшается и архимедова выталкивающая сила, которая пропорциональна погруженному объему колокола и разности объемных весов рабочих сред, находящихся над и под колоколом. Колокол поднимается до тех пор, пока выталкивающая сила не уравнивается действием противодействующей силы пружины *9*. При перемещении колокола зубчатый сектор *6* разворачивает относительно оси шестерню *4*, соосно с которой находится обмотка рамки *13* ферродинамического преобразователя.

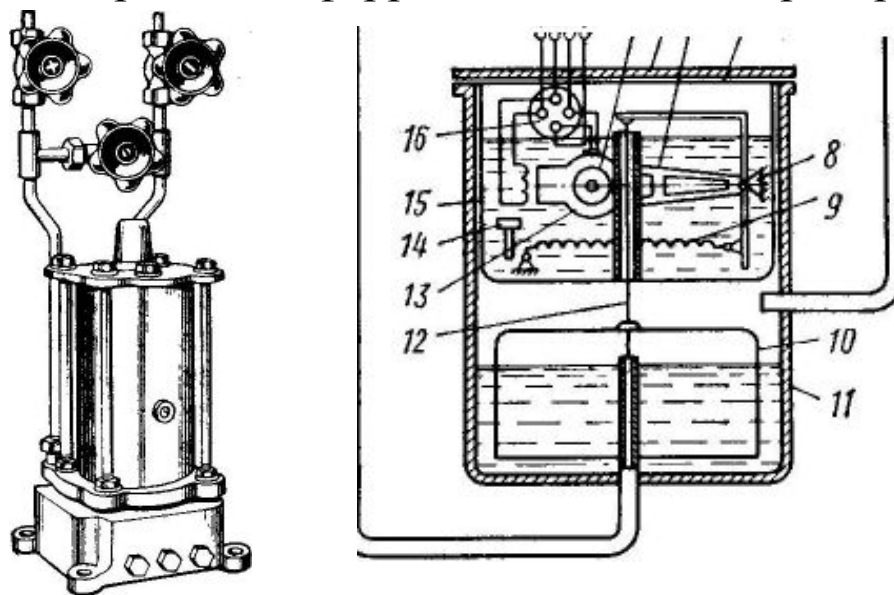


Рис. 109. Колокольный дифманометр (расходомер) типа ДКО: *a* — общий вид, *б* — схема: *1, 2, 3* — вентили, *4* — шестерня, *5* — рычаг, *6* — сектор, *7* — крышка, *8* — ось, *9* — пружина, *10* — колокол, *11* — корпус, *12* — подвеска, *13* — рамка, *14* — корректор, *15* — бачок с маслом, *16* — блок зажимов

## Индукционные и ультразвуковые расходомеры

Индукционные расходомеры обладают незначительной инерционностью показаний, что является очень существенным фактором при автоматическом регулировании расходов. В датчиках таких расходомеров нет частей, находящихся внутри рабочего трубопровода, поэтому они имеют минимальные гидравлические потери.

Принцип действия индукционного расходомера основан на законе Фарадея-законе электромагнитной индукции. Если в трубопроводе течет проводящая жидкость между полюсами магнита 2, то в направлении, перпендикулярном движению жидкости, и в направлении основного магнитного потока возникает э.д.с. на электродах 3, пропорциональная скорости движения жидкости. Магнитное поле создается источником питания 6 электромагнита. Электронный усилитель 4 усиливает э. д. с., индуктированную на электродах 3, которую регистрирует вторичный измерительный электронный прибор 5 расходомера.

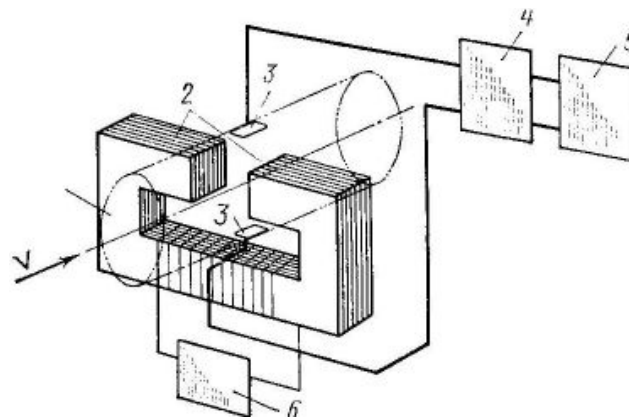


Схема индукционного расходомера

## Новые методы измерения расхода жидкостей и газов

В настоящее время отечественной промышленностью успешно осваивается целый ряд перспективных методов измерения расходов, среди которых необходимо выделить массовый и основанный на ядерно-магнитном резонансе.

В *массовом турборасходомере* ведущая турбинка 6, вращаемая с постоянной частотой  $\omega$  электродвигателем 7, закручивает поток измеряемой жидкости, создавая в нем инерционный момент, пропорциональный массовому расходу  $Q$ . Измеряемый закрученный поток, проходя через ведомую турбинку 5, жестко связанную с упругим элементом 2, разворачивает ее на определенный угол  $\phi$ , пропорциональный измеряемому расходу.

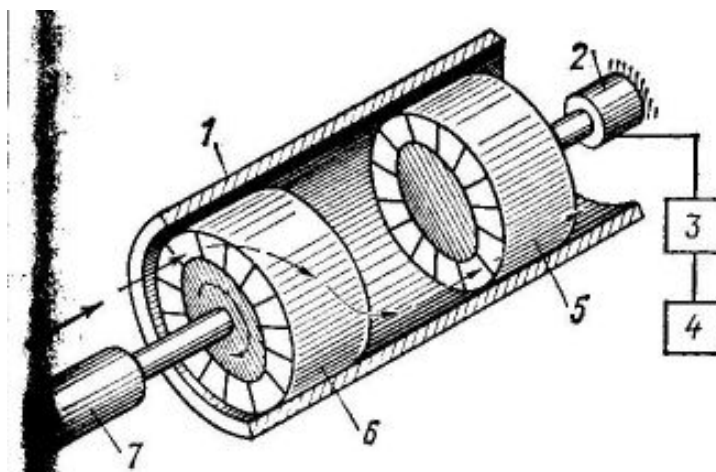


Схема массового турбо-расходомера:

1-корпус, 2 — чувствительный элемент, 3- усилитель, 4  
— прибор, 5 — ведомая турбинка, 6 — ведущая турбинка, 7 —  
электродвигатель

Расходомеры, основанные на ядерно-магнитном резонансе, используют явление взаимодействия поляризованных в постоянном магнитном поле атомных ядер с резонансным осциллирующим полем. При этом взаимодействии поглощается часть энергии осциллирующего поля и изменяется намагниченность ядер, т. е. магнитный момент ядер в единице объема вещества.

На рисунке показана схема ядерно-магнитного расходомера. Магнит *1* создает сильное магнитное поле, при прохождении через которое жидкость поляризуется. Протекая через катушку *2*, питающуюся переменным напряжением резонансной частоты от источника питания *5*, поляризованные ядра измеряемой жидкости поглощают часть осциллирующего поля, созданного катушкой *2*, и жидкость деполаризуется. Периодически питающее напряжение катушки *2* отключается, и в потоке на выходе из катушки создаются пакеты поляризованных молекул жидкости. Пройдя расстояние *L*, эти молекулы попадают в поле катушки *3*, питающейся тем же переменным напряжением резонансной частоты. В момент протекания поляризованных молекул через осциллирующее поле катушки *3* в ее цепи возникает сигнал ядерно-магнитного резонанса, который воспринимается электронным измерителем *4*.

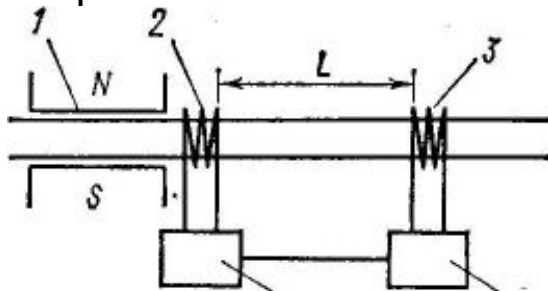


Схема ядерно-магнитного расходомера

Измерение расхода жидкости по данному принципу сводится к измерению времени между отключением напряжения от катушки *1* и появлением сигнала ядерно-магнитного резонанса на катушке *3*. Погрешность измерений ядерно-магнитных расходомеров не превышает 1%.

- **§ 9. Сигнализаторы потока и протока**

При отсутствии масла в системе смазки оборудования возникает «сухое» трение вращающихся и трущихся частей, происходит «задиры» колец, поршней, оплавление баббитовых вкладышей подшипников. В кондиционерах, калориферах и электронагревателях при отсутствии потока воздуха нарушается тепловой режим, это приводит к перегреву и выходу из строя оборудования.

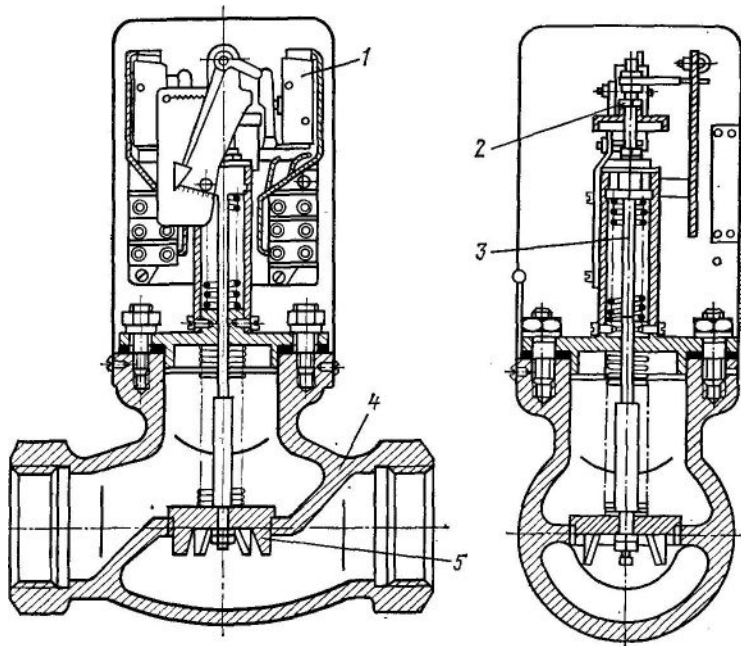
В связи с этим для защиты технологического оборудования применяют сигнализаторы потока и протока.

Реле протока типа РП применяют для контроля потока жидкостей. При протекании рабочей жидкости через прибор клапан 5 под действием давления жидкости перемещается вверх, укрепленный на клапане шток 3 с помощью толкателя 2 переключает контакты микропереключателя 1. Настройка реле протока соответствующее срабатывание осуществляется перемещением микропереключателей с кронштейном относительно корпуса 4 реле.

Реле потока РПВ-2 используют контроля наличия потока воздуха или за в оборудовании. Чувствительным элементом реле является подвешенная на оси тонкая, расположенная в корпусе реле. Под действием потока контролируемой среды заслонка отклоняется от первоначального положения и своим поводком переключает микропереключатель.

Реле контроля смазывания типа РКС применяется для контроля разности давлений масла, воздуха фреона и т. д. на входе и выходе оборудования. Чувствительными элементами прибора являются два связанных между собой сильфона которые через специальные штуцера подаются контролируемые давления.

При понижении разности давлений до величины, установленной шкале прибора, за счет пружины «диапазон настройки» происходит размыкание контактов сигнального устройства, а при повышении разности давлений до установленного предела происходит обратное переключение контактов в положение «замкнуто».



Реле потока типа РП