

УСТРОЙСТВА ДЛЯ УЧЕТА РАСХОДА ГАЗА

Рассмотренные контактные виды расходомеров (тахометрические, турбинные, тепловые, ротаметры и др.) жидкостей, паров и газов обладают существенным недостатком: сложность в изготовлении, невысокие рабочие давления, относительно высокая погрешность измерения. Авторы статьи, проведя анализ существующей проблемы, предложили к установке вихревой расходомер Proline Prowirl 72.

Ключевые слова : газ, расходомер.

Расход вещества — это масса или объем вещества, проходящего через данное сечение канала средства измерения расхода в единицу времени. В зависимости от того, в каких единицах измеряется расход, различают объемный расход или массовый расход. Объемный расход измеряется в $\text{м}^3/\text{с}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$ и т. д.), а массовый — в $\text{кг}/\text{с}$ ($\text{кг}/\text{ч}$, $\text{т}/\text{ч}$ и т. д.).

Расход вещества измеряется с помощью расходомеров, представляющих собой средства измерений или измерительные приборы расходомера.

В настоящее время к расходомерам предъявляется более десятка требований, удовлетворить которые совместно достаточно сложно и не всегда возможно.

К этим требованиям относятся: высокая точность измерения (приведенная погрешность от 0,1 до 1,5 %), надежность, независимость результатов измерения от изменения плотности вещества, быстродействие прибора, большой диапазон измерения (от 0,001 до 5 000 $\text{м}^3/\text{ч}$), необходимость измерения расхода веществ не только в обычных, но и в экстремальных условиях при очень низких и очень высоких давлениях (до 900 бар) и температурах (от -273 до $+700$ °C).

На сегодняшний день актуальна проблема измерения расхода газовых сред с высокой точностью. Повышение точности достигается как за счет применения новых прогрессивных методов и приборов, так и за счет совершенствования старых классических методов.

По условию измеряется расход газа со следующими технологическими параметрами: расход $Q = 1556,75 \text{ м}^3/\text{ч}$; давление $P = 5,6$ бар.

Существующие расходомеры на сегодняшний день.

1. Турбинный расходомер. Турбинный расходомер работает следующим образом. При движении измеряемой среды по каналу 2 через струенаправляющий аппарат 3 в зазоре между передним обтекателем 4 и ступицей 5 турбинки 6 создается пониженное статическое давление (рис. 1). За кормой ступицы турбинки в связи с большим проходным сечением канала происходит увеличение статического давления. В результате появляется сила, действующая на турбинку против потока. Турбинка начинает перемещаться в сторону переднего обтекателя. При этом уменьшается зазор между передним обтекателем и кольцевым телом обтекания, что приводит к увеличению гидродинамического сопротивления и силы, действующей на турбинку по потоку. Таким обра-

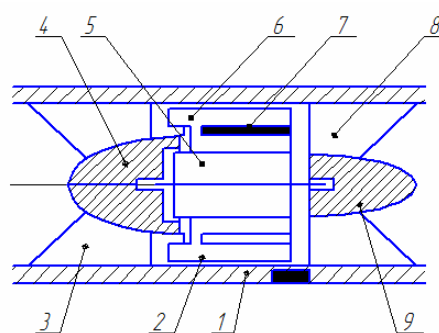


Рис. 1. Турбинный расходомер

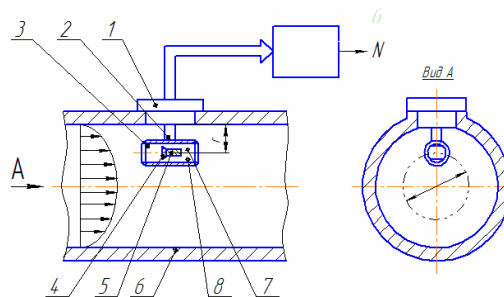


Рис. 2. Вихревой расходомер

зом, частота вращения турбинки пропорциональна объемному расходу [1].

2. Вихревой расходомер. При обтекании плохообтекаемого тела (рис. 2) набегающим потоком на гранях трапециевидальной призмы 4 плохообтекаемого тела периодически изменяется знак профиля скорости и происходит отрыв потока от граней трапециевидальной призмы 4 плохообтекаемого тела и образуется вихревое течение. При этом в каналах 7 и 8, образованных между направляющей и плохообтекаемым телом, образуются две области вихреобразования, ограниченные боковыми стенками плохообтекаемого тела и внутренней поверхностью направляющей 3. В начальный момент вследствие неполной симметрии каналов 7 и 8 вихрь на одной из граней призмы 4 зарождается раньше, чем на другой. Образовавшийся вихрь сносится в канал, например, 7, при этом задерживается срыв вихря в другой канал 8 до момента выхода вихря из канала 7. За счет направляющей 3 между каналами 7 и 8 в проточной части

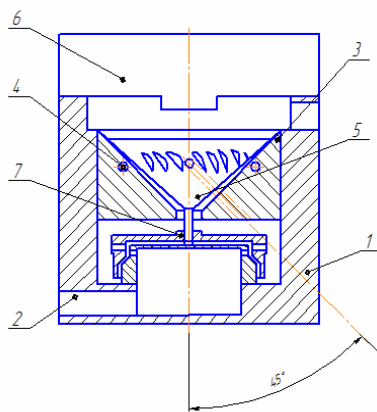


Рис. 3. Счетчик газа

датчика образуется пневматическая положительная обратная связь и процесс вихреобразования принимает устойчивый периодический характер. При этом на боковых поверхностях плохобтекаемого тела возникает перепад давлений, пульсирующий с частотой, пропорциональной местной скорости потока в области направляющей плохобтекаемого тела [2].

3. Счетчик газа-расходомер. Работа счетчика осуществляется следующим образом. В полости 2 поступает газ (рис. 3). Поднимает конус 5, посаженный на коническую поверхность 4 опоры 3. Турбинка 7, благодаря тангенциальным отверстиям, а также наличию на наружной поверхности конуса 5, выполненных по винтовой линии, начинает вращаться вокруг оси со скоростью, пропорциональной объемному расходу.

Измеряя скорость движения турбинки, получаем расходомер (скорость движения которого пропорциональна объемному расходу), а измеряя общее количество оборотов (или ходов) его — счетчик количества (объем или массу) прошедшего вещества.

Задачей заявляемого технического решения является повышение точности измерений. Предлагается к установке вихревой расходомер Proline Prowirl 72.

Поставленная задача решается тем, что в вихревом расходомере Proline Prowirl 72, содержащем установленный в измерительной трубе корпус, в котором находится тело обтекания, расположенное по диаметру корпуса и закрепленное в нем, по крайней мере, в одной точке, датчик, вставленный в отверстие в стенке корпуса за телом обтекания и включающий сенсор и мембрану, соединенную непосредственно с сенсором, выполненный в виде жесткого стержня, соединенного в верхней части с балансиrom, и пьезоэлемент в виде плоской пластины, имеющей три электрода — базовый на нижней поверхности пластины и два электрода на верхней ее поверхности, симметричных относительно оси симметрии сенсора, связанных с устройством обработки сигнала с пьезоэлемента, согласно изобретению датчик дополнительно содержит связанную с балансиrom вторую мембрану, расположенную параллельно первой мембране и разнесенную с ней по высоте на высоту рычага, соединяющего стержень с балансиrom, при этом пьезоэлемент прилегает ко второй мембране.

Достоинства: широкий диапазон температур, возможность использования практически на любых средах.

Недостатки: чувствительность к влиянию внешних помех (вибрации), ненулевая шкала.

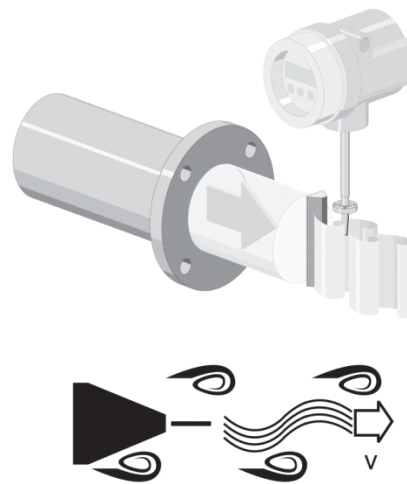


Рис. 4. Общий вид и принцип действия вихревого расходомера

Действие вихревых расходомеров основано на принципе вихреобразования Кармана (рис. 4). При обтекании жидкостью тела обтекания с обеих сторон попеременно образуются вихри с противоположными направлениями вращения. Эти вихри вызывают локальное снижение давления. Флуктуации давления регистрируются датчиком и преобразуются в электрические импульсы. В рамках предельных условий применения устройства возникновение вихрей происходит с постоянной частотой. Частота вихреобразования, таким образом, пропорциональна объемному расходу.

В качестве коэффициента пропорциональности используется так называемый *k*-фактор:

$$k\text{-фактор} = \frac{\text{Импульсы}}{\text{Единица объема [дм}^3\text{]}}.$$

В рамках предельных условий применения устройства *k*-фактор зависит только от геометрии устройства. Он не зависит от скорости течения, вязкости или плотности рабочей среды. Таким образом, *k*-фактор также не зависит от типа измеряемой среды, будь то пар, газ или жидкость.

Первичный сигнал измерения уже является цифровым (сигналом частоты) и линейным по отношению к потоку. После изготовления устройства *k*-фактор определяется на заводе путем калибровки и не подвержен долговременному дрейфу или дрейфу нулевой точки.

Устройство не имеет подвижных частей и не требует техобслуживания.

Выводы. Предложенное устройство для учета расхода газа имеет широкий диапазон температур, возможность использования практически при любых средах.

Библиографический список

1. Пат. 2324146 Российская Федерация, МПК G 01 F1/12. Турбинный расходомер / Коротков П. Ф.; заявитель и патентообладатель Коротков Пётр Фёдорович. — № 2324146; заявл. 25.05.2006; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 5. — 6 с.
2. Пат. 2097706 Российская Федерация, МПК G 01 F1/32. Вихревой расходомер / Мартынов Е. В., Краснов Ю. Н., Колчин А. В.; заявитель и патентообладатель Казанский гос. техн. ун-т им. А. Н. Туполева. — № 2097706; заявл. 27.03.95; опубл. 27.11.97, Бюл. № 3. — 4 с.

ПЕННЕР Виктор Андреевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Метрология и приборостроение».

Адрес для переписки: penner1102@mail.ru

АНДРЕЕВА Кюннэй Егоровна, студентка гр. П-519 кафедры «Метрология и приборостроение».
Адрес для переписки: kunnewke@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.03.2014 г.

© В. А. Пеннер, К. Е. Андреева

УДК 621.9.048.6

**Д. А. ЛЕБЕДЕВА
А. А. НОВИКОВ
Д. А. НЕГРОВ**

Омский государственный
технический университет

РАЗРАБОТКА НОВОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЛНОВОДА- ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕВИЗИОННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ

В результате исследования был разработан, рассчитан и изготовлен ультразвуковой хирургический волновод-инструмент, который обеспечивает необходимую амплитуду колебаний рабочего окончания при высокой нагрузочной способности при удалении ацетабулярного компонента эндопротеза. Использование волновода-инструмента позволяет извлекать чашку эндопротеза после предварительного «раскачивания» с небольшими костными потерями, а также сократить время извлечения.

Ключевые слова: высокая нагрузочная способность, ревизионное эндопротезирование, ацетабулярный компонент, волновод-инструмент.

На сегодняшний день эндопротезирование является наиболее эффективным методом при лечении тяжелых травм и заболеваний тазобедренного сустава. Количество первичных эндопротезирований год от года неуклонно возрастает. Это обусловлено как увеличением уровня заболеваемости тазобедренного сустава, в частности шаровидной головки, шейки бедренной кости и вогнутой округлой вертлужной впадины, так и их травм, приводящих к эндопротезированию. Пропорционально количеству первично установленных эндопротезов растет и число ревизионных эндопротезирований. Основной трудностью в ревизионном эндопротезировании является замена тазобедренного ацетабулярного компонента эндопротеза.

Данный эндопротез состоит из двух основных частей. Бедренный компонент эндопротеза предназначен для замещения головки и шейки бедренной кости и состоит из ножки и головки эндопротеза. Ацетабулярный компонент (чашка эндопротеза), устанавливается в замен вертлужной впадины тазобедренного сустава. Так как обязательной частью чашки эндопротеза является полимерный вкладыш из биосовместимой пластмассы, то использование пластмассы требует и соответствующих возможностей по ее обработке, как на предварительных стадиях, так и интраоперационно.

Одним из эффективных способов внешнего воздействия на пластмассы является воздействие энергии ультразвуковых колебаний [1]. Волноводы-инструменты в известных ультразвуковых аппаратах для травматологии и хирургии выполнены в соответствии с требованием обеспечения резонансного режима

всей акустической системы, а их торцевые части имеют размеры и форму согласно лечебному предписанию и не предназначены для удаления отдельных элементов эндопротеза при ревизионном эндопротезировании [2]. Для обеспечения выполнения этой функции основная задача — разработка волновода-инструмента, обеспечивающего необходимую амплитуду колебаний рабочего окончания (выбор формы которого тоже является одной из задач разработки) при высокой нагрузочной способности.

В качестве базового варианта был выбран конструктив составного волновода-инструмента типа «тройная елочка на основании» [3]. Данный ультразвуковой волновод представляет собой комбинированную конструкцию, состоящую из одного цилиндрического и трех съемных экспоненциальных элементов.

Волновод-инструмент состоит из полуволновых цилиндрического 1 и экспоненциальных элементов 2, окончания экспоненциальных элементов выполнены в виде конической трехэлементной «елочки» 3 (рис. 1а). Экспоненциальные элементы с диаметром основания d расположены на рабочем торце цилиндрического элемента с диаметром D , выполненного с центральным глухим отверстием глубиной в четверть длины волны и диаметром $D_1 = D - 2d$, а сами элементы закреплены винтовыми соединениями через 120 град (рис. 1б).

Окончания экспоненциальных элементов выполнены в виде конической трехэлементной «елочки» общей длиной $l \leq 0,2\lambda$, где λ — длина волны, причем первый элемент «елочки» выполнен в виде конуса под углом при вершине 60 град, а второй и третий