

КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ МНОГОФАЗНОЙ СРЕДЫ В НЕФТЕГАЗОПРОВОДЕ ПРИ ЕЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ

POLYPHASE – HETEROGENEOUS MEDIUM PARAMETERS CONTROL WHILE ITS TRANSPORTATION IN THE OIL-PIPE LINE

г.Уфа, Уфимский государственный авиационный технический университет
Ufa - City, Ufa State Aviation Technical University

The problem of polyphase - heterogeneous medium (various unmixed liquids and gases) parameters control while its transportation in the oil-pipe line is being considered here. An arrangement on the basis of sensor, for example pneumatic, which makes it possible to measure the parameters of three-dimensional vector of the medium pressure and vibrating probe. The resonance medium frequency is determined with the help of the latter.

Рассматриваемая проблема комплексного контроля параметров многофазной – гетерогенной среды (различные несмешивающиеся жидкости и газ) при ее транспортировке в трубопроводе является актуальной для нефтяной и газовой промышленности, а также в других отраслях промышленности и коммунального хозяйства для измерения кинетических параметров трехмерных, трехфазных потоков воды, стоков, других жидкостей и газа, вызывающих налипание различных отложений (грязи, накипи, парафинов, смол, продуктов коррозии и др.) на поверхности деталей устройств, располагаемых внутри потока. Известные способы и устройства не позволяют комплексно измерять скоростной напор многофазной среды в трубопроводе при ее транспортировке в сочетании с определением плотности и массового расхода каждой из фаз. Кроме того, к недостаткам многочисленных существующих плотномеров относится невысокая точность из-за того, что их чувствительный элемент при возникновении избыточного давления между корпусом и вибратором, омывается с внутренней и наружной поверхностей неравномерно. Это приводит к появлению напряжения в резонаторе, изменению частоты колебаний, а, следовательно, к увеличению погрешности измерения параметров исследуемой среды.

Основой предлагаемых устройств являются пространственно-координатные датчики деформации, например, пневматического (сопло-заслонка) или тензометрического типа. Пример такого устройства приведен на рисунке 1. Устройство состоит из плоской крышки 1, герметичного корпуса 2, в нижней части которого расположена герметичная мембрана 3, через центр которой пропущен вертикальный полый стержень 4. Датчики крепятся на конец полого стержня, пропущенного через мембрану с вибрационным зондом на другом конце. Датчики использованы для измерения колебаний чувствительного элемента. На верхнем конце стержня 4 в горизонтальной плоскости, т.е. перпендикулярно ему, закреплена заслонка 5 в виде плоского круглого диска, а на нижнем конце смонтирован вибрационный зонд 6. Вибрационный зонд выполнен в виде полого двухплечевого цилиндрического резонатора с фланцем, на котором установлены пьезоэлементы возбуждения колебаний. Через крышку 1 пропущены пневмопроводы с 7 по 11 с соплами на концах. Пневмопроводы 7 и 8 пневматически связаны через зазоры с верхней плоскостью заслонки 5, а два других пневмопровода 9 и 10, с нижней плоскостью. Пневмопровод 11 связывает полость корпуса 2 с источником давления сжатого воздуха. Верхняя плоскость заслонки 5 соединена с упругим элементом 12, верхний конец которого закреплен соосно на крышке 1 и натяжение которого регулируется с помощью винта 13. Сопла пневмопроводов 7 и 8 расположены в плоскости перпендикулярной плоскости сопел пневмопроводов 9 и 10. Мембрана 3 закреплена на нижней части корпуса 2 с помощью кольца 14. На верхней и нижней плоскостях заслонки 5, напротив срезов сопел пневмопроводов 7, 8, 9 и 10 выполнены сферические сегментные выемки (на рисунке 1 показаны только первая сферическая сегментная выемка 15 и вторая сферическая сегментная выемка 16), позволяющие формировать входящую в сопло струю воздуха, исключаящие нежелательное взаимодействие струи на входе в сопло пневмопровода и снижающие погрешность регистрации входных пневматических сигналов. Пневмопроводы 7, 8, 9 и 10 обеспечивают передачу сигналов P1, P2, P3 и P4 к системе измерения давления 47 и далее к системе демодуляции сигнала 48.

При выполнении пространственно-координатного датчика деформации на основе тензодатчиков устройство состоит из корпуса, внутри которого находится эластичная втулка цилиндрической формы. В нижней части расположен круглый диск, через центр которого пропущен вертикальный полый стержень, на нижнем конце которого смонтирован вибрационный зонд. На

круглом диске и крышке закреплены подложки, на которых установлены четыре тензодатчика, а провода, служащие электрическим выводом тензодатчиков, проходят через крышку на штепсельный разъем устройства. Тензодатчики выполнены с возможностью передачи сигналов P1, P2, P3 и P4 к системе измерения растяжение-сжатие и далее к системе демодуляции сигнала. Роль системы демодуляции сигнала может выполнять микропроцессор способный выделить в сигнале две составляющие:

- медленно изменяющуюся составляющую, пропорциональную величине скоростного напора потока жидкости или газа в трубопроводе;
- высокочастотную составляющую, характеризующую плотность жидкости или газа.

Схема вибрационного зонда 6, выполненного в виде полого цилиндрического резонатора, показанного в сечении, представлена на рисунке 2. На схеме 17 - левое плечо и 18, соответственно, правое плечо цилиндрического резонатора, 19 - фланец, 20 и 21 - пьезоэлементы возбуждения. Пьезоэлементов возбуждения может быть несколько. Установка двух пьезоэлементов с разных сторон фланца - диаметрально противоположно друг другу, позволяет увеличить момент, действующий на тонкостенную часть резонатора и уменьшить мощность, необходимую для создания колебаний вибрационного зонда

$$M \cong 2F h,$$

где F – усилие, развиваемое пьезоэлементом;

h – плечо, на которое действует усилие F, радиус фланца.

Устройство работает следующим образом. Через пневмопровод 11 в полость корпуса 2 подается сжатый под заданным давлением воздух. Через приемные сопла пневмопроводов 7, 8, 9 и 10 воздух подается в соответствующие измерительные пневмопроводы и далее подается к системе измерения пневмосигнала 47, состоящей, например, из микроманометров, способных достаточно быстро реагировать на изменение сигналов P1, P2, P3 и P4. Роль системы демодуляции сигнала может выполнять микропроцессор способный выделить в сигнале две составляющие:

- медленно изменяющуюся составляющую, пропорциональную величине скоростного напора потока жидкости или газа в трубопроводе;
- высокочастотную составляющую, характеризующую плотность жидкости или газа.

При отсутствии скоростного потока и, следовательно, воздействия на зонд 6, медленно изменяющиеся составляющие сигналов P1, P2, P3 и P4 постоянны и равны по величине, это обеспечивается настройкой упругого элемента 12 с помощью винта 13. Далее, при наличии воздействия на вибрационный зонд 6, полый стержень 4 поворачивается, преодолевая натяжение упругого элемента 12 и мембраны 3, обуславливая перемещение заслонки 5, в результате чего, например, сопло второго пневмопровода 8 прикрывается (среда движется слева направо), а сопло первого пневмопровода 7 приоткрывается. При воздействии среды в плоскости перпендикулярной рисунку сигналы соответственно изменяются в соплах третьего пневмопровода 9 и четвертого пневмопровода 10, причем медленно изменяющаяся составляющая пневмосигнала в соплах первого пневмопровода 7 и второго пневмопровода 8 могут оставаться неизменными. Измерение вертикального направления скорости, например, снизу вверх, сопровождается уменьшением зазора сопел первого пневмопровода 7 и второго пневмопровода 8, и увеличением зазора около сопел третьего пневмопровода 9 и четвертого пневмопровода 10. При течении сверху вниз происходит обратное - сопла третьего пневмопровода 9 и четвертого пневмопровода 10 прикрываются, а сопла первого пневмопровода 7 и второго пневмопровода 8 приоткрываются. При снятии воздействия среды на вибрационный зонд 6, благодаря упругому элементу 12 и мембране 3, заслонка 5 и стержень 4 возвращаются в исходное положение. С помощью регулирования натяжения упругого элемента 12 устройство можно настраивать на различные диапазоны измерения скоростей. Например, при его ослаблении чувствительность устройства возрастает, что позволяет измерять малые скорости. При его натяжении и одновременном уменьшении податливости устройство обеспечивает измерение более высоких скоростей. Для получения высокочастотной составляющей пневмосигнала в резонаторе 18 вибрационного зонда 6 возбуждаются колебания с помощью пьезоэлементов, на которые подается переменное напряжение резонансной частоты. Пьезоэлементы, под действием приложенных напряжений, колеблются с изменением толщины и, будучи поджатыми, к поверхности фланца 19 вызывают изгибные колебания. Так как фланец непосредственно связан с тонкостенной частью резонатора 18 его колебания вызывают колебания резонатора. Когда чувствительный элемент 6 совершает колебания, то среда, плотность которой замеряют, получает колебания как внутри, так и снаружи чувствительного элемента. В результате частота колебаний чувствительного элемента зависит от его жесткости и общей, совершающей колебания массы, то есть массы стенок чувствительного элемента и массы окружающей среды. Увеличение плотности среды понижает частоту колебаний, которая передается через полый стержень 4 на заслонку 5, тем самым, внося высокочастотную составляющую в выходные пневмосигналы P1, P2, P3 и P4. Контролируемые параметры многофазной среды рассчитываются микропроцессорной системой.

Разработанное устройство комплексного контроля параметров многофазной среды в трубопроводе при ее транспортировании позволяет следующее.

1. Производить одновременные измерения скоростного напора и массового расхода отдельных фаз потока, плотности и вязкости потока жидкости или газа измерение, а также усредненные значения плотности трехфазного потока. В результате одно предлагаемое устройство, встраиваемое в трубопровод, может заменить целый ряд известных устройств, каждое из которых должно самостоятельно встраиваться в трубопровод. Благодаря этому повышается надежность, упрощается конструкция и обслуживание, уменьшаются габариты.
2. Производить определение состояния потоков в трубопроводе - ламинарное или турбулентное.
3. Повысить точность измерений за счет устранения влияния избыточного давления на наружную поверхность резонатора, так как резонатор выполнен безкорпусным и помещен непосредственно в измеряемую среду, а также применения двухплечевого резонатора.
4. Сократить эксплуатационные расходы и упростить обслуживание при уменьшении отложений на поверхности деталей резонатора размещаемых в потоке контролируемой среды благодаря тому, что они вибрируют.

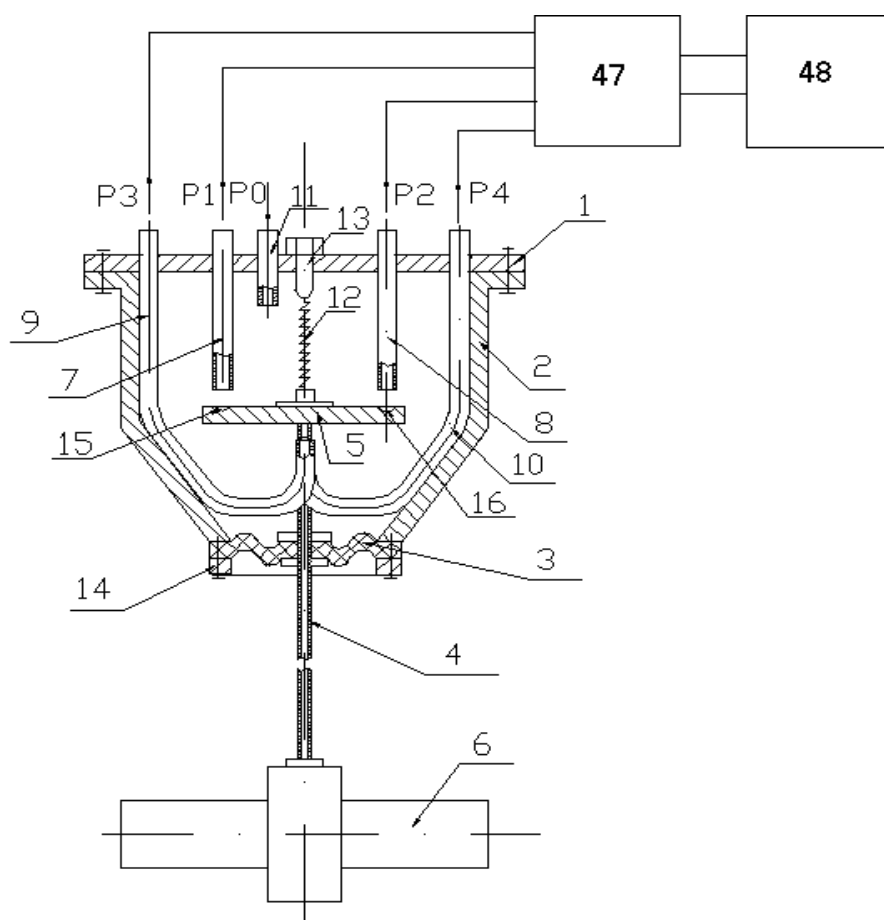


Рисунок 1 - Устройство для измерения параметров потока жидкости или газа

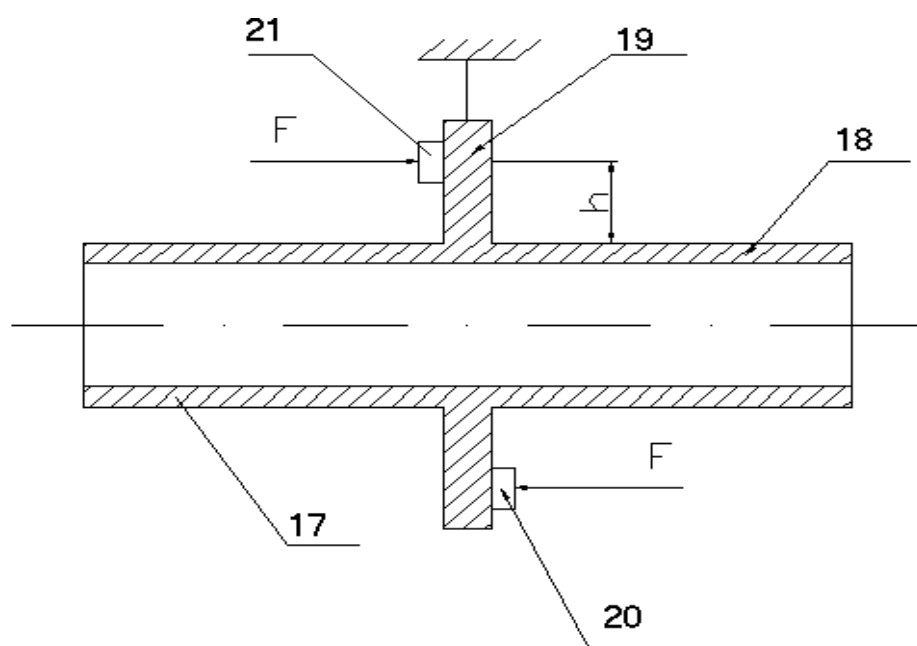


Рисунок 2 - Схематический разрез вибрационного зонда в месте расположения возбуждающих пьезоэлементов