

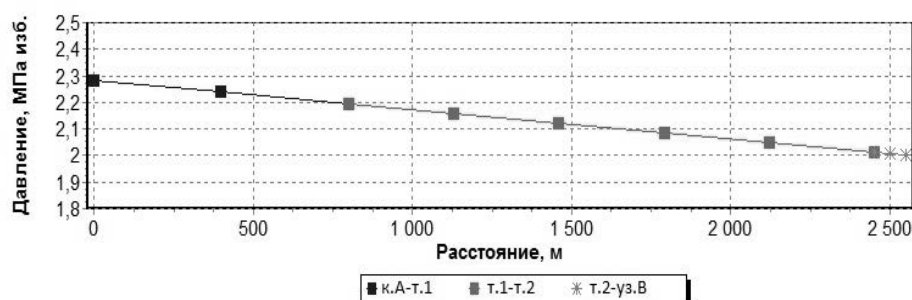


Рис. 2. График падения давления по длине трубопровода

По результатам, проведенного гидравлического расчета «Нефтегазосборных сетей куст А – узел В», был подтвержден выбранный диаметр трубопровода 159 мм и с толщиной стенки 7 мм, установлен перепад давлений по длине трубопровода равный 0,28 МПа, а также перепад температуры по длине трубопровода – 8,73 °С. Полученные данные гидравлического расчета трубопровода позволяют сделать вывод, что производительность проектируемого трубопровода «Нефтегазосборные сети куст А – узел В» достаточна для заданных исходных данных.

Литература

1. РД 39-132-94 Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов.
2. Schlumberger PIPESIM [Электронный ресурс]. URL: www.slb.ru/sis/pipesim. Дата обращения 28.02.16.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОТОЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЛОТНОСТИ В. В. Филюшин

Научный руководитель, старший преподаватель В. А. Рудаченко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Работа посвящена исследованию зависимости изменения давления, создаваемого жидкой средой, протекаемой внутри трубчатого резонатора цилиндрического сечения, от параметров его собственных колебаний. Данные чувствительные элементы (резонаторы) используются в средствах измерения, таких как преобразователи плотности, точность измерения которых зависит от различных параметров. Определение зависимости позволяет максимально уменьшить значение погрешности измерения. В статье представлены данные, выявленные экспериментальным путем, которые подтверждают наличие влияния изменения давления внутри резонатора на значения частоты собственных колебаний чувствительного элемента.

Резонатор вибрационного поточного преобразователя плотности является основным элементом его колебательной системы. Он представляет собой трубку круглого сечения, изготовленную из упругого прецизионного сплава 36НХТЮ, внутри которой протекает исследуемая среда с определенной скоростью v при избыточном давлении P . Наличие давления внутри резонатора приводит к появлению различного рода осевых, растягивающих усилий и напряжений N . Напряжения, воздействуя на саму трубку, влияют и на измерение показателей исследуемой жидкости^[3, 4].

С учетом влияния всех параметров на измерение, значение резонансной частоты колебаний механического трубчатого резонатора, можно определить при помощи соотношения^[1]:

$$f = \frac{f_0}{\sqrt{1 + a_0 \rho}} \times \sqrt{1 - 2,458 \cdot 10^{-2} \frac{l^2}{EI} (mv^2 - N)};$$

где: $a_0 = \frac{s}{\rho_0 s_0}$ – постоянная резонатора;

$$f_0 = \frac{3,561}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m_0}} \text{ – начальная частота.}$$

s_0 и s – площади поперечного сечения резонатора и жидкости;
 ρ_0 и ρ – плотности материала резонатора и жидкости.

Из формулы видно, что значение резонансной частоты колебаний резонатора зависит от большого количества параметров. Свои корректировки вносят температура, давление, конструктивные параметры исполнения резонатора.

Влияние на саму жидкость давления крайне мало, т.к. жидкость почти не сжимаема. Однако действие давления контролируемой среды может повлечь за собой изменение геометрических параметров резонатора. Насколько сильным будет это влияние, зависит от свойства материала, из которого изготовлен чувствительный

элемент. Увеличение внутреннего давления может привести к изменению внутреннего диаметра и длины колеблющейся трубки. Это, несомненно, повлияет и на значение выходного сигнала вибрационного плотномера. Следует отметить, что давление внутри преобразователя плотности достигает не достаточно высоких значений, чтобы заметно изменить геометрические размеры трубки^[1, 2].

Гораздо большее влияние, по сравнению с изменением геометрических размеров резонатора, оказывают возникающие дополнительные растягивающие усилия, которые направлены вдоль осей колеблющихся трубок. Усилия действуют на резонатор^[1].

Теоретическое описание влияния довольно громоздко и крайне сложно реализуемо. Поэтому, мы решили на практике, эмпирическим путем, установить и проанализировать уровень влияния изменения давления на изменение значения резонансной частоты колебаний чувствительного элемента.

Таким образом, для достоверности проведения экспериментальных измерений, был создан опытный образец, который не претерпевал каких-либо конструктивных изменений (табл. 1). Температура жидкости и окружающей среды стабильно поддерживалась на постоянном значении.

Таблица 1

Конструктивные параметры резонатора

Форма поперечного сечения	Длина трубки, мм	Диаметр внешний, мм	Толщина стенки, мм	материал	сильфоны
окружность	700	25	1	Сталь прецизионная 36НХТЮ	38-4-0.21х3 ГОСТ Р 55019-2012

Резонатор жестко закреплен с обоих концов через сильфоны посредством сварки к массивному корпусу (рис. 1). Сильфоны служат для уменьшения количества энергии, переходящей с резонатора на корпус преобразователя плотности. Измерительный и возбуждающий датчики закреплены на жесткой опоре на расстоянии, достаточном для электромагнитного контакта с резонатором.

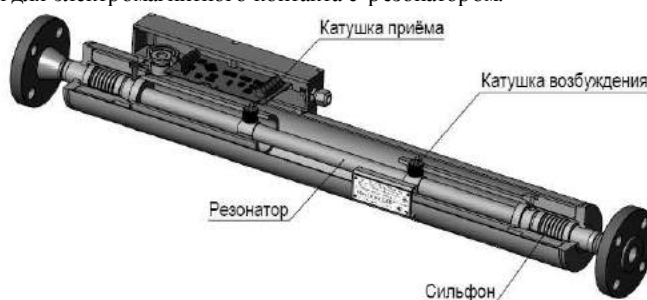


Рис. 1. Конструкция преобразователя плотности

Пропуская через резонатор жидкость, был произведен ряд измерений значений периодов колебаний резонатора, при разных значениях давления, но, в то же время, при постоянном значении температуры жидкости, которое составляло $21,2 \pm 0,3$ °С.

Генерируя сигнал для возбуждения колебательной системы на третьей гармонике постепенно повышали давление и снимали полученные характеристики. Полученные данные представлены на рис. 2.

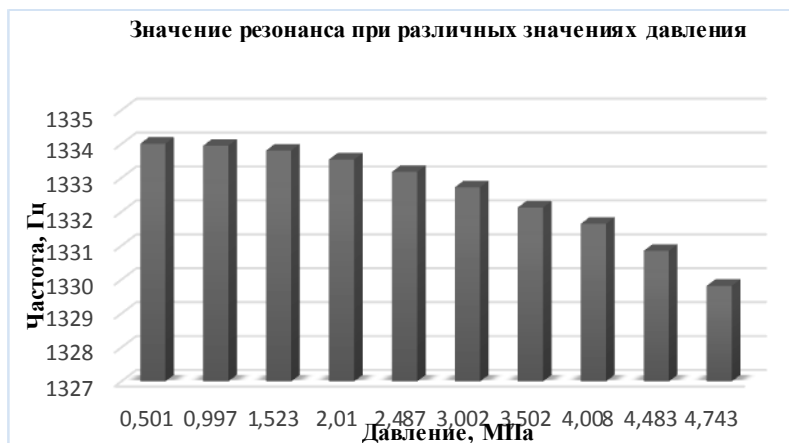


Рис. 2. Значение резонансной частоты колебаний резонатора при различных давлениях жидкости

По графику видно, что увеличение давления в системе приводит к уменьшению значения величины резонансной частоты. Значения резонансных частот при различных давлениях представлены в таб. 2.

Таблица 2
Значения резонансных частот при разных давлениях

давление (P), бар	Частота (f), Гц
0,501	1333,391
0,997	1333,952
1,523	1333,909
2,01	1333,546
2,487	1333,68
3,002	1332,725
3,502	1331,729
4,008	1332,287
4,483	1330,85
4,743	1329,219

В результате проведения исследования было определено, что такой параметр, как давление внутри системы, влияет на измерение величины значения резонансной частоты колебаний резонатора. Причем данная зависимость является не линейной. На рис. 3 представлена зависимость значений резонансных частот от изменения давления в системе.

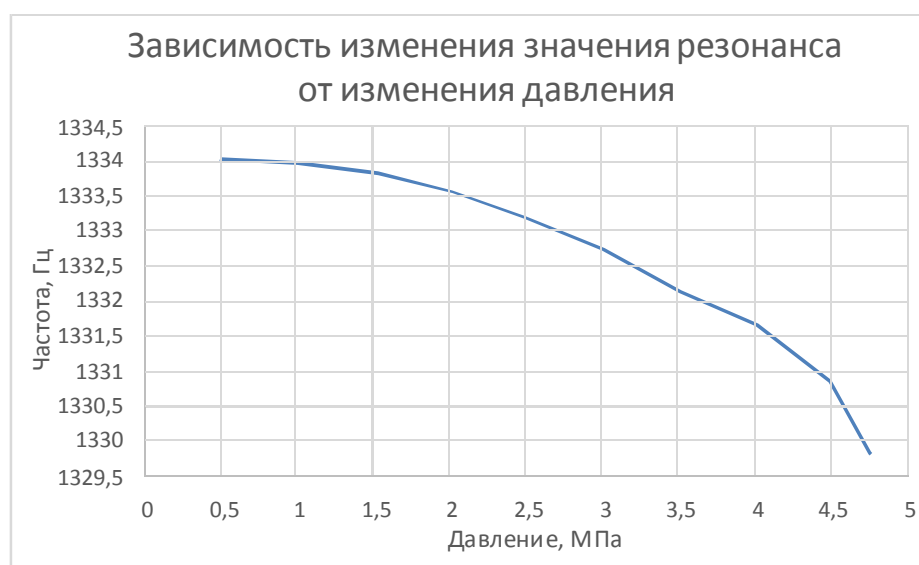


Рис. 3. График зависимости изменения резонансной частоты колебаний от изменения давления в системе

С увеличением давления в системе величина резонансной частоты убывает не линейно. Что говорит о трудностях теоретических расчетов, направленных на определение зависимости и устранения ее влияния на работу оборудования.

Литература

1. Жуков Ю. П. Вибрационные плотномеры. – М.: Энергоавтомиздат, 1991. – 144 с.
2. Квилис С. С. Плотномеры. М.: Энергия, 1980. – 278 с.
3. Фатхутдинов А. Ш. Автоматизированный учет нефти и нефтепродуктов при сборе, транспорте и переработке. Пособие для метрологов. – Уфа.: АО «Нефтеавтоматика», 1999.
4. Rudachenko V., Filushin V. The dependence of cylindrical resonator natural frequencies on the fluid density // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 27, conference 1. – 2015.
5. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/27/1/012059/meta> (дата обращения: 12.12.2015)