

УДК 534.13

Математическое моделирование свободных и вынужденных колебаний датчика давления, находящегося в тепловом поле, под действием внутреннего давления и внешних периодических сил

Сулейманов И.Р.¹

Ульяновский государственный университет¹

В данной работе рассматриваются способы математического моделирования и исследования свободных и вынужденных колебаний датчика давления [1, 2], находящегося в тепловом поле, под действием внутреннего давления и внешних периодических сил.

Цель работы заключается в исследовании и анализе внешних периодических сил, влияющих на поддержание резонанса изгибных колебаний стенок датчика, возникающих вследствие воздействия внешнего источника электромагнитных волн определенной частоты.

Проводится исследование частотного датчика давления для обеспечения его требуемой точности и чувствительности при воздействии различных внешних факторов, способствующих образованию «паразитных» частот. Также требуется разработать соответствующие способы компенсации влияния некоторых внешних воздействующих факторов.

При решении поставленной задачи использовались методы математического моделирования и исследования физических процессов с помощью комплекса программ ANSYS Workbench [3, 4], который позволяет выполнять расчёты в области газогидродинамики, проводить модальный анализ и оценивать механические деформации.

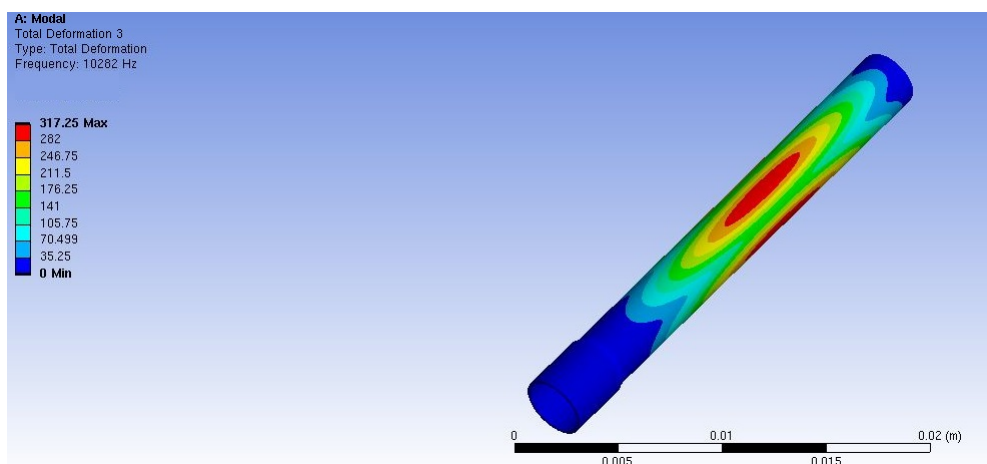


Рис. 1. Распределение величин деформаций на 4 форме собственных колебаний (частота 10282 Гц).

Оценка влияния температуры и давления на поддержание резонанса изгибных колебаний стенок датчика проводилась только для установившегося режима работы. Результаты математического моделирования результатов воздействия температуры (от +70°C до -60°C) и давления (от 25 мм рт.ст. до 120 мм рт.ст.) приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты математического моделирования.

Измеряемое давление P, мм рт.ст	Температура T, °C		
	+70	-60	+20
25	11093	11294	11171
900	12298	12468	12364
1200	13780	13918	13834

E: Modal
 Total Deformation 2
 Type: Total Deformation
 Frequency: 11171 Hz

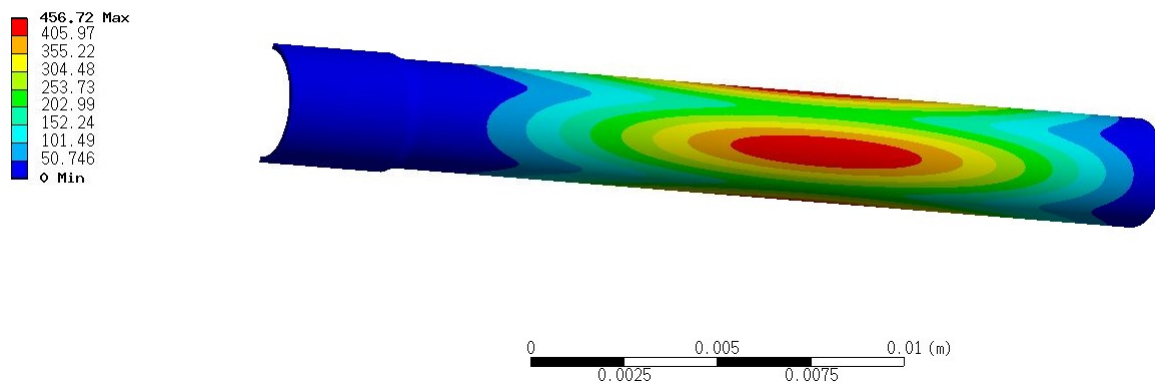


Рис. 2. Форма собственных колебаний на частоте 11171 Гц.

P: Modal
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Frequency: 13918 Hz

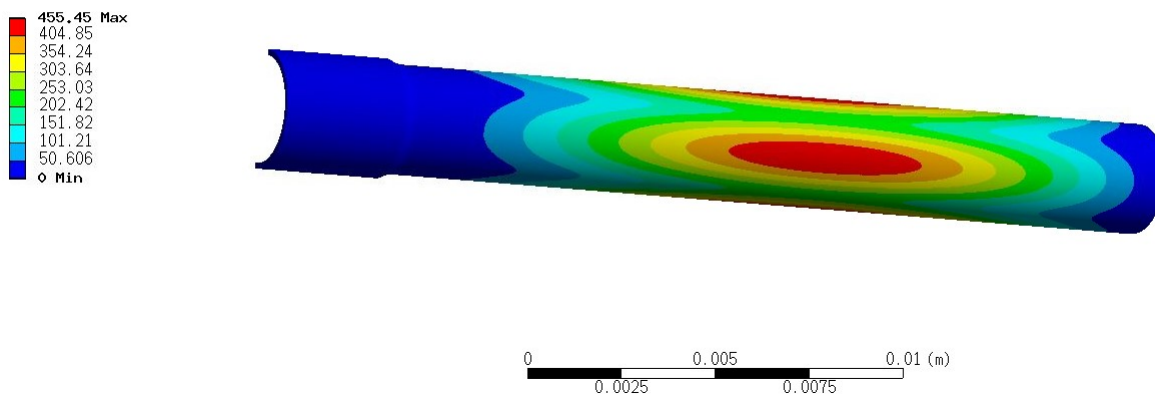


Рис. 3. Форма собственных колебаний на частоте 13918 Гц.

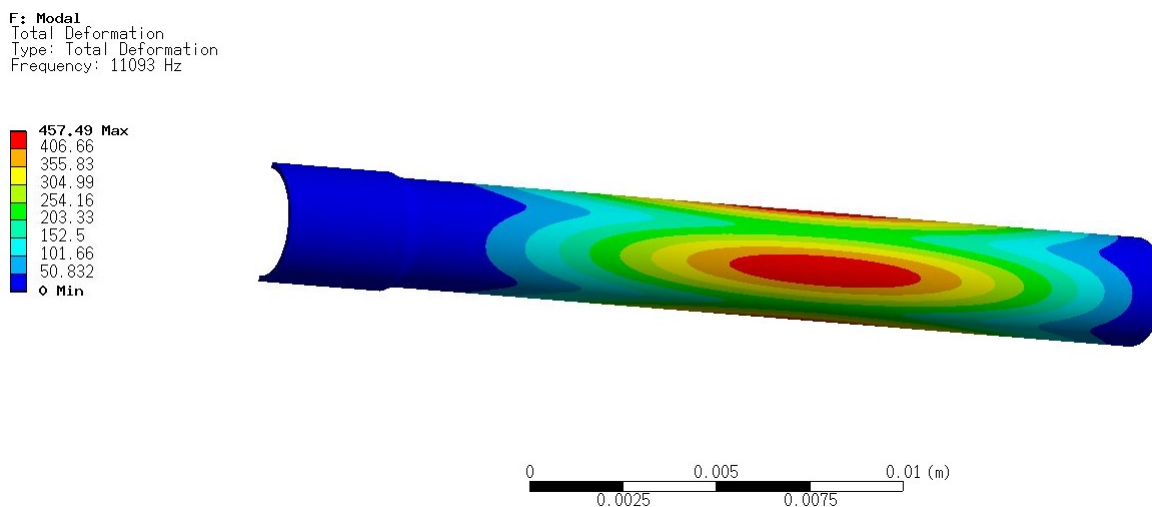


Рис. 4. Форма собственных колебаний частоте 11093 Гц.

Проведенное математическое моделирование влияния температуры и давления на измерение частоты собственных колебаний резонатора показало, что при уменьшении температуры от номинальной $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и с увеличением измеряемого давления на преобразователь частота собственных колебаний увеличивается с 11171 Гц до 13918 Гц, а при увеличении температуры преобразователя до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ с уменьшением измеряемого давления частота собственных колебаний уменьшается до 11093 Гц. Как видно из приведенных результатов, наблюдается существенная аддитивная погрешность при воздействии температуры и давления. Так, при уменьшении температуры на $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ при постоянном давлении на 25 мм рт.ст., уход частоты собственных колебаний составляет 78 Гц при общей девиации частоты 7037 Гц, что составляет 1,1%.

При проведении исследования были получены следующие результаты.

1. Разработаны математические модели новых конструктивных вариантов исполнения частотного датчика механических величин, позволяющие увеличить чувствительность датчика.
2. Проведено исследование влияния внешних воздействующих факторов, таких как температура и давление, на погрешность датчика давления
3. Определена зависимость частоты собственных колебаний датчика от прикладываемого давления для формы собственных колебаний, соответствующей полуволне синусоиды по длине вибрирующей цилиндрической стенки датчика.
4. Проведена оценка динамических свойств датчика давления посредством изучения его свободных колебаний.
5. Проведено исследование вынужденных колебаний датчика давления с учетом полученных данных о характере его свободных колебаний.
6. Построена амплитудно-частотная характеристика проектируемого датчика давления. С ее помощью проведено исследование наличия резонанса изгибных колебаний цилиндрической части датчика давления в заданном частотном диапазоне, определяющего эффективную работу датчика.
7. Использование интегральных преобразований, нано-моделей и моделей механики деформируемого твердого тела, связанных с ортогональными финитными функциями, а также со смешанными вариационными принципами и с численными методами [5-7], создает потенциал дальнейшего повышения уровня проектирования частотных датчиков давления.

Литература

1. Сорокин М.Ю. Моделирование частотного датчика давления // Континуальные алгебраические логики, исчисления и нейроиформатика в науке, технике и экономике: труды международной конференции. Ульяновск: УлГТУ, 2003. Т. 3. С. 139–141.
2. Фрайдеи Дж. Современные датчики. Справочник. (Текст) /перевод с англ. Ю.А. Заболотной / под ред. ЕЛ. Свинцова. М.: Техносфера, 2005. 580 с.
3. Леонтьев Н.В. Применение системы ANSYS к решению задач модального и гармонического анализа. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006. 101 с.
4. Бруйка В. А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: Самар. гос.техн. ун-т, 2010. 234 с.
5. Леонтьев В.Л., Риков Е.А. Интегральные преобразования, связанные с ортогональными финитными функциями, в задачах спектрального анализа сигналов // Математическое моделирование. 2006. Т. 18, № 7. С. 93-100.
6. Леонтьев В.Л., Михайлов И.С. О построении потенциала взаимодействия атомов, основанном на ортогональных финитных функциях // Нано- и микросистемная техника. 2011. № 9 (134). С. 48-50.
7. Леонтьев В.Л., Мелентьев А.Ю. Сеточные методы расчета криволинейных стержней // Математическое моделирование. 2003. Т. 15, № 10. С. 95.

MSC2010 0071A

Mathematical modeling of free and forced oscillations of a pressure sensor in a thermal field, under the action of internal pressure and external periodic forces

I.R. Suleymanov¹
Ulyanovsk State University¹