

### **Выводы**

В данной статье была рассмотрена одна из самых популярных программа для имитационного моделирования. Программное обеспечение содержит широкий выбор конструкций, а также инструменты для двухмерного анимирования процесса. Система обладает удобным интерфейсом, что ускоряет построение модели и снижает вероятность ошибки.

### **Список литературы**

1. Обзор продукта "Tecnomatix Plant Simulation" - [электронный ресурс] - Режим доступа - URL: [http://www.plm.automation.siemens.com/ru\\_ru/products/tecnomatix/plant\\_design/plant\\_simulation.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/tecnomatix/plant_design/plant_simulation.shtml) (дата обращения 01.03.2018)

2. Система Plant Simulation - [электронный ресурс] - Режим доступа - URL: <http://simulation.sp/static/>

им. С. П. Королева; Е.А. Рамзаева, - Электрон. текстовые дан. (4,6 Мбайт). - Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

© **М.З. Искандаров, 2018**

**УДК 004.942**

**Е.Д. Калинов**

аспирант

УлГУ

г. Ульяновск, Россия

## **О МОДАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ЧАСТОТНОГО ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ**

Модальный анализ частотного датчика давления выполняется для поиска частот и форм собственных колебаний конструкции, выявления рабочей частоты, а также может предшествовать другим видам динамического анализа, таким как, например, гармонический анализ.

В модальном анализе считается, что система линейна. Нелинейности всех типов не учитываются, а внешние силы и демпфирование принимаются нулевыми. Уравнение свободных колебаний конструкции в матричной форме имеет вид:

$$[M] \left\{ \ddot{u} \right\} + [K] \{u\} = \{0\}. \quad (1)$$

Предполагается упругое поведение конструкции, поэтому ожидаемый отклик является гармоническим [2], и в линейной системе свободные колебания могут быть представлены в виде:

$$\{u\} = \{\varphi\}_i \cos \omega_i t, \quad (2)$$

где  $\{ \}_i$  - собственный вектор, представляющий форму (моду) колебаний на  $i$ - собственной частоте,  $\omega_i$  - собственная круговая частота (радиан в единицу времени),  $t$  - время. [1, с. 5-6]

Для расчета собственных частот предварительно напряженной конструкции используется уравнение, аналогичное (1), но вместо матрицы жесткости  $[K]$  применяется матрица  $[K]_C = [K] + [K]_g$ ,  $[K]$  - обычная матрица жесткости, а  $[K]_g$  - так называемая геометрическая матрица жесткости, выводимая из тензора предварительных напряжений и нелинейной части тензора.

## *Технические науки*

---

Так как на резонатор датчика давления оказывает воздействие воздух, выполняется модальный анализ резонатора с учетом предварительных напряжений в пакете программ Ansys Mechanical APDL.

Не будем рассматривать построение геометрической модели. Первый шаг расчета - выбор типа конечного элемента и задание свойств материала. Используется элемент Solid226 с 20 узлами и 5 степенями свободы:

ET,1,SOLID226,11 ! Тип элемента

!Свойства материала:

MPDATA,EX,1,,640e9 ! модуль Юнга

MPDATA,PRXY,1,,0.3 ! коэффициент Пуассона

MPDATA,DENS,1,,8.3e-5 !Плотность

КЭ-сетка строится методом Sweep, затем выполняется определение предварительных напряжений:

/SOL

ANTYPE,0 ! Тип анализа - статический

PSTRES,1 ! Учет предварительного нагружения

! Фиксация основания

FLST,2,2,5,ORDE,2

FITEM,2,5

FITEM,2,20

/GO

DA,P51X,ALL,0

! Давление на внутренние стенки

FLST,2,8,5,ORDE,8

FITEM,2,23

FITEM,2,-30

/GO

SFA,P51X,1,PRES, 0.003333

!Тепловое воздействие

FLST,2,6,6,ORDE,2

FITEM,2,1

FITEM,2,-6

BFV,P51X,TEMP,-60

!Запуск на решение

/STATUS,SOLU

SOLVE

Выполнение модального анализа:

/SOL

ANTYPE,2 !Тип анализа - модальный

MSAVE,0

MODEOPT,UNSYMM,10 !Несимметричный, отыскивается 10 мод

EQSLV,SPAR

MXPAND,10, , 0 !"Экспандировать" 10 мод

LUMPM,0

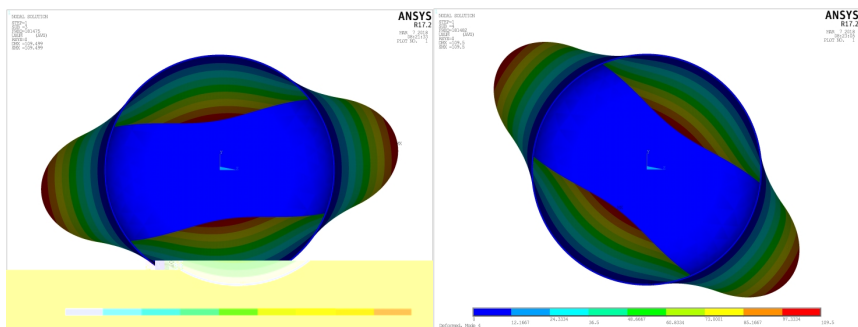
PSTRES,1

MODEOPT,UNSYMM,10,0,0, ,OFF !Учитывать предварительные напряжения

SOLVE

FINISH

После выполнения расчета в постпроцессоре просматриваются результаты, и по характеру деформаций определяется рабочая частота прибора.



**Рис. Деформация резонатора на рабочей частоте**

#### **Список литературы**

1. 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.

2. Исаева Е.А., Крутина Е.В. РАСЧЕТ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ БЛОКА ШЕСТЕРЕН В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS // Современные наукоемкие технологии. - 2014. - № 5-1. - С. 39-42; URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=33687> (дата обращения: 06.03.2018).

© Е.Д. Калинов, 2018

УДК 62

**А.В. Репин**  
магистрант

**Научный руководитель**

**А.Г. Салов**

д.т.н., доцент,

профессор кафедры "Теплогазоснабжение и вентиляция"

СамГТУ

г. Самара, Россия

### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ГЕНЕРИРУЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ПО ЗАТРАТАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ**

В настоящее время совместное производство тепловой и электрической энергии генерирующими предприятиями отличается высокими энергетическими затратами. Причиной этому служит низкая эффективность использования оборудования за счёт резкого снижения нагрузки энергетических предприятий [1,2].

Эффективность работы вспомогательного оборудования энергетических предприятий оценивается затратами электрической энергии на собственные нужды, удельные затраты которых растут при снижении производительности [3].