

УДК 620.10

МОДАЛЬНЫЙ И ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ КОНЦЕНТРАТОРОВ ОВОИДНОЙ ФОРМЫ

Денис А., Луговой И.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе дан анализ концентраторов овоидной формы с целью возможности их применения в акустических системах.

Ключевые слова: концентратор, моделирование, гармонический анализ.

MODAL AND HARMONIC ANALYSIS OF VIBRATIONS OF OVOID SHAPE CONCENTRATORS

Denis A., Lugovoy I.V.

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The work provides an analysis of ovoid-shaped concentrators with a view to the possibility of their use in acoustic systems.

Key words: concentrator, modeling, harmonic analysis.

Адрес для переписки: Луговой И.В., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
e-mail: bntu@bntu.by

В настоящей работе дан анализ концентраторов овоидной формы с целью возможности их применения в акустических системах. Овоид – замкнутая корбовая кривая, имеющая одну ось симметрии. Овоид воспроизводит природную форму яиц птиц и имеет высокую прочность на сжатие. Форма овоида и методика построения его формы приведена на рисунке 1, а.

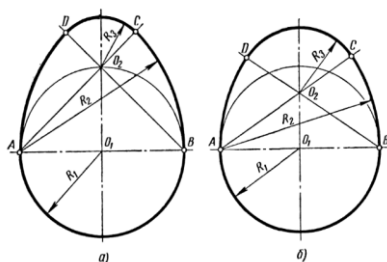


Рисунок 1 – Построение овоидной формы

При смещении точек O_2 и O_1 и изменения расстояния между ними при сохранении ширины AB овоид приобретает более округлую или заостренную форму. острым. (рисунок 1, б). При изменении ширины AB овоид приобретает форму показанную на рисунке 1, б. Начальными условиями компьютерного моделирования были приняты геометрические параметры упругих элементов, используемые материалы и пределы частот вынужденных колебаний акустической системы. Номинальный наружный диаметр кольца основной модели принят 50 мм, а толщина поперечного сечения – 10 мм. В качестве материала для моделей колец была принята сталь 45.

На рисунке 1, а приведено обоснование возможности использования концентраторов кольцевой формы в качестве трансформаторов колебаний в широких пределах ультразвуковых колебаний. Было установлено, что изменение частоты

вынужденных колебаний приводят к изменению числа узловых точек по периметру колец, которые могут иметь четное или нечетное количество узлов. При этом форма колеблющегося кольца на различных частотах колебаний принимает может иметь как симметричную, так и несимметричную формы мод и различную конфигурацию: овальную, треугольную, четырех-, пяти-, шестиугольную. Наиболее оптимальным вариантом кольца, оказалась осесимметричная форма с наименьшим поперечным сечением в нижней части, которой имеет, образующая моду изгибных колебаний. У такой формы концентратора образуется минимальное количество узлов изгибных колебаний и наибольших значений амплитуды колебаний на рабочем участке.

Модальный анализ заключался в сравнении мод колебаний концентратора овоидной формы двух видов: одного – с постоянной толщиной сечения, другого с – переменной толщиной по периметру кольца (рисунок 2, б).

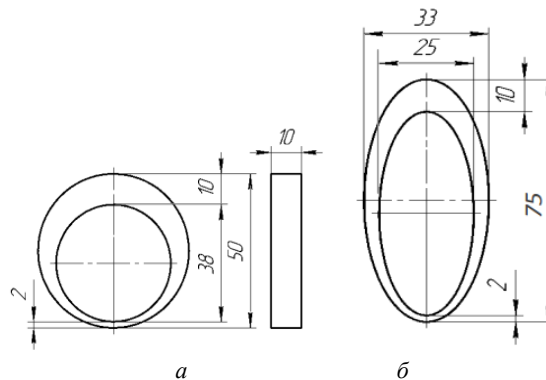


Рисунок 2 – Эскизы кольцевого и овоидного концентратора колебаний

Модальный анализ был проведен в программе *SolidWorks Simulation Premium*, который позволяет выполнить визуальную оценку волновых процессов, оценить влияние геометрических параметров упругих элементов и частот вынужденных колебаний на моды собственных колебаний концентраторов. Компьютерное моделирование основано на анализе напряженного состояния, для чего используется связь напряжения σ с величиной смещения δl , которое характеризует амплитуду упругих колебаний при действии динамических сил. Цветовая окраска участков упругих тел характеризует напряженное состояние и численную величину напряжения σ , возникающего в сечениях упругих элементов от действия знакопеременных периодических сил. Полученные результаты моделирования представлены на рисунке 3. Результаты расчетов показали, что изменение частоты вынужденных колебаний приводит к возбуждению в кольцах резонансных колебаний в направлении одной из координатных осей. Повышение частоты колебаний до уровня 40 кГц и более приводит в кольцевом концентраторе к образованию поперечных колебаний, вызывающих изгиб и скручивание кольца в перпендикулярной плоскости, которые снижают эффективность работы системы.

Гармонический анализ исследуемых моделей колец показал, что в рассматриваемом диапазоне частот вынужденных колебаний наблюдаются несколько пиков частот собственных колебаний, совпадающих с вынужденными колебаниями, при которых возникают резонансные явления по направлению одной из осей координат. При этом наибольшая амплитуда колебаний наблюдается в направлении одной из осей координат, а интервалах между пиковыми значениями возбуждаются сложные изгибные или крутильные колебания, действующие по двум или трем координатам.

Схожие процессы колебаний наблюдаются в кольцах с переменным сечением (рисунок 4).

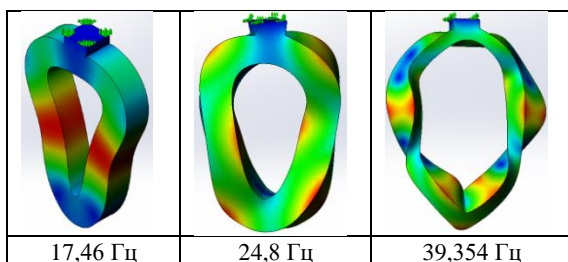


Рисунок 3 – Моды колебаний кольцевых концентраторов оvoidной формы постоянного сечения

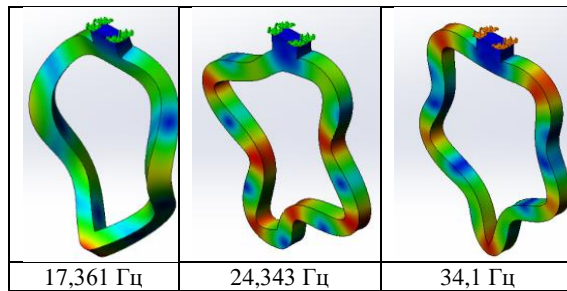


Рисунок 4 – Моды колебаний кольцевых концентраторов оvoidной формы переменного сечения

Анализ полученных результатов, представленных в диаграмме, позволил сделать следующие выводы:

- наибольшие значения амплитуды колебаний возникают в кольцах всех форм в области низких частот в пределах 2–4 кГц;

- в кольцах первой и третьей форм (круглом и удлиненного овала) наблюдается закономерная периодичность пиков резонансных колебаний по всем координатным направлениям. Кольцо второго типа не имеет явной выраженной закономерности периодичности образования резонансных колебаний;

- интенсивность колебаний в моделях первой и третьей форм понижается по мере повышения частоты вынужденных колебаний. Вторая модель кольца позволяет получить существенное возрастание амплитуды боковых колебаний в направлении оси X на частоте 13 кГц. При этом боковые колебания по направлению оси X в диапазоне частот 8–16 кГц убывают до минимума, а затем образуются вновь в области ультразвуковых частот (16,8 кГц);

- у модели третьей формы наблюдается нарастающий характер амплитуды продольных колебаний вдоль оси Y до частоты 11 кГц, при которой достигаются наибольшие значения, после чего происходит постепенное уменьшение интенсивности колебаний;

- в области ультразвуковых колебаний (с частотой более 16 кГц) наиболее интенсивные колебания достигаются: в кольце круглой формы – в продольном направлении вдоль оси Y ; в кольце второй формы – поперечные колебания вдоль оси Z ; в кольце третьей формы – боковые колебания в направлении X .