

## Применение САЕ-систем для автоматизированного проектирования ультразвуковых колебательных систем

Степаненко Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Исследована возможность применения систем автоматизированного моделирования (САЕ-систем) в задачах синтеза и анализа элементов ультразвуковых колебательных систем (УЗКС). В качестве тестовой задачи рассматривался синтез ступенчатого концентратора с резонансной частотой  $f = 22$  кГц (длина волны 236,4 мм), отношением диаметров  $N = 2$  (входной диаметр  $D = 40$  мм) и сопряжением ступеней с радиусом  $r = 10$  мм. Расчет резонансной длины  $L$  концентратора и коэффициента  $K$  усиления по амплитуде производился с помощью САЕ-системы CARD (Krell Engineering, США) для расчета пьезоэлектрических устройств и численным методом путем решения интегро-дифференциального уравнения колебаний:

$$\frac{du}{dx} = -k^2 S \left( \xi(0) + \int_0^x \frac{u}{S} dx \right),$$

где  $u = S d\xi/dx$ ,  $S$  – площадь поперечного сечения концентратора,  $\xi$  – амплитуда колебательных смещений,  $k$  – волновое число.

Анализ синтезированного концентратора производился с помощью САЕ-системы ANSYS (SAS IP, Inc., США) для решения мультифизических задач методом конечных элементов.

Расчет с помощью CARD дал следующие значения параметров:  $L = 120,8$  мм,  $K = 3,820$ . Эти значения с достаточной точностью совпадают с полученными численным методом:  $L = 120,7$  мм,  $K = 3,974$ . Расчет с помощью ANSYS дал для синтезированного концентратора значение резонансной частоты  $f = 21,3$  кГц, что свидетельствует о достаточно высокой точности синтеза. Расчетный коэффициент усиления составил  $K = 3,794$ . Таким образом, успешное решение тестовой задачи свидетельствует о возможности эффективного применения САЕ-систем при расчете УЗКС.