

УДК 534.1:539.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗГИБНО-КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ БАЛОЧНОЙ КОНСОЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СЛОЖНОГО СЕЧЕНИЯ

И.Г. Самощенко^{*}, М.С. Шевцова^{**}

Научный руководитель – профессор А.Н. Соловьев
^{*}Донской государственный технический университет,
^{**}Южный федеральный университет

Одной из важнейших задач, возникающих при конструировании и модернизации лопасти вертолета, обладающей значительной упругой податливостью и подверженной нестационарным аэроупругим воздействиям широкого диапазона частот и амплитуд, является предотвращение опасных напряжений, динамической неустойчивости типа флаттера и дивергенции. На практике средствами борьбы с подобными явлениями динамической неустойчивости чаще всего являются повышение конструкционного демпфирования и смещение центра тяжести сечения лопасти вперед по полету относительно оси жесткости. Поэтому отыскание положения точки пересечения оси жесткости с плоскостями сечений – центра изгиба, представляет важную для инженерной практики задачу. С другой стороны, координаты центра изгиба входят в уравнение изгибно-крутильных колебаний балочной конструкции и влияют на взаимное расположение спектров ее изгибных и крутильных мод. Используемые в практике инженерных расчетов методы определения собственных частот однопролетных балочных конструкций основываются на уравнениях технической теории и расчете жесткости на кручение и изгиб с использованием функций кручения и изгиба Сен-Венана, вычисляемых аналитически для ряда простых или стандартных сечений. Однако при расчете колебаний балок сложного сечения (лонжероны стабилизаторов или лопастей) возникают значительные сложности, т.к. аналитически определение характеристик крутильной и изгибной жесткостей невозможно. Упрощение или придание сечениям симметричной формы может непредсказуемо исказить искомые характеристики, а метод конечных элементов (МКЭ) для целой балочной конструкции не может быть эффективно применен из-за чрезвычайно большого числа степеней свободы и вычислительной трудоемкости задачи. Авторами разработана методика выполнения динамического анализа консольной балки произвольного сечения, основанная на использовании уравнений изгибно-крутильных колебаний и конечноэлементном определении характеристик жесткости сечений на изгиб и кручение. Исходными данными для расчета являются механические свойства материала и сплайновые (NURBS) представления сечений, разработанные в системах Autodesk AutoCAD и Unigraphics. После преобразования NURBS в рациональные кривые Безье контуры сечений экспортируются в МКЭ-пакет Comsol Multiphysics, где внутри области, ограниченной импортированными контурами, одновременно решаются три уравнения Лапласа: для функции кручения и обеих функций изгиба. Результаты решения используются далее для модального анализа балочной консоли. Анализ нестационарных решений при действии динамических распределенных нагрузок также выполняется конечноэлементно, но уже для одномерной модели балки. Разработка позволяет выполнить весь объем исследований на модели, в том числе найти рациональное перераспределение материала по стенкам сечения, в процессе конструкторского проектирования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты 05-01-0690, 07-01-0840.