

АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ И УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ТЕКУЩЕЙ ЖИДКОСТЬЮ

Лекомцев С.В., Матвеев В.П., Сенин А.Н.

Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь

lekomtsev@icmm.ru, mvp@icmm.ru, senin.a@icmm.ru

При пассивном подавлении резонансных колебаний или управлении границей гидроупругой устойчивости тонких пластин и оболочек в конструкцию добавляются пьезоэлементы, соединённые с внешней электрической цепью. Задача подбора оптимальных параметров таких цепей осуществляется на основе решения неклассической проблемы на собственные значения и является достаточно ресурсоёмкой. В случае неподвижной жидкости или её отсутствия возможно замещение исследуемой системы эквивалентным электрическим аналогом или применение технологии снижения размерности на основе разложения движения системы по формам собственных колебаний. Использование данных методик при взаимодействии конструкции с текущей жидкостью, в особенности при наличии сильно выраженного демпфирования (например, при флаттере), вызывает определённые трудности. В связи с этим в данной работе приводятся математическая постановка и эффективный конечно-элементный алгоритм её численной реализации, предназначенные для анализа собственных колебаний и устойчивости электромеханических систем, взаимодействующих с текущей жидкостью. Они базируются на моделях и компьютерных программах, разработанных и апробированных авторами ранее [1, 2]. В рассматриваемом подходе используются представление пьезоэлемента в рамках гипотезы плоского напряжённого состояния и допущение о равенстве нулю всех компонент векторов напряжённости электрического поля и электрической индукции, за исключением нормальных к поверхности конструкции [3]. Деформации тонкостенной конструкции определяются с помощью соотношений линейной теории тонких пластин и оболочек на основе гипотез Кирхгофа – Лява. Безвихревая динамика идеальной сжимаемой жидкости в случае малых возмущений описывается потенциалом возмущённых скоростей. Данная модель позволяет получить обобщённую задачу на собственные значения, решение которой осуществляется известными методами и требует значительно меньше вычислительных ресурсов в сравнении с неклассической модальной задачей. С помощью разработанного численного алгоритма подобраны оптимальные параметры соединённой с пьезоэлементом RL -цепи, которые, с точки зрения скорости затухания, обеспечивают максимальное демпфирование резонансных колебаний пластин и оболочек, взаимодействующих с текущей жидкостью. Получены амплитудно-частотные характеристики, демонстрирующие снижение амплитуды колебаний.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-71-10054).

Литература

- [1] Bochkarev S.A., Lekomtsev S.V., Matveenko V.P. Natural vibrations and stability of elliptical cylindrical shells containing fluid // International Journal of Structural Stability and Dynamics. – 2016. – V. 16, №10. – 1550076.
- [2] Bochkarev S.A., Lekomtsev S.V., Senin A.N. Analysis of spatial vibrations of piezoceramic eccentric cylindrical shells interacting with an annular fluid layer // Frattura ed Integrità Strutturale. – 2019. – V. 13, №49. – P. 814–830.
- [3] Thomas O., Deü J.-F., Ducarne J. Vibrations of an elastic structure with shunted piezoelectric patches: efficient finite element formulation and electromechanical coupling coefficients // International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 2009. – V. 80. – P. 235–268.