

Д.Б.ПИВОВАРОВ, К.В.АВРАМОВ, д.т.н., проф.

НЕСТАЦИОНАРНАЯ ДИНАМИКА ПЛАСТИН ОБТЕКАЕМЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫМ ПОТОКОМ С УЧЁТОМ СХОДА ВИХРЕЙ

Тонкостенные элементы летательных аппаратов и энергетических машин часто находятся под воздействием значительных аэродинамических усилий. В таких конструкциях часто наблюдается явление флаттера, которое приводит к колебаниям с большими амплитудами. В результате таких колебаний часто возникают усталостные поломки элементов конструкций.

В работе исследуется нестационарная динамика консольной пластинки. Материал пластинки предполагается изотропным; напряжения и деформации описываются законом Гука. Так как рассматриваемая пластинка является тонкой, то сдвигом и инерцией вращения пренебрежем.

Газовый поток, обтекающий пластинку, предполагается трехмерным, потенциальным, несжимаемым и идеальным. Потенциал скоростей такого потока удовлетворяет трехмерному уравнению Лапласа. При обтекании пластинки жидкостью образуется пограничный слой, который может быть описан как присоединённая к телу вихревая пелена [1]. На задней кромке пластинки вихри сходят с поверхности пластинки, образуя вихревой след. Такая вихревая природа пограничного слоя связана с вязкостью жидкости. Вне пограничного слоя вязкостью пренебрегают и движение жидкости описывается потенциалом скоростей [3]. На поверхности пластинки выполняется условие непротекания, которое описывает равенство скоростей жидкости и колеблющейся пластинки. Для описания поведения вихревой пелены использован метод дискретных вихрей [2], позволяющий свести систему гиперсингулярных интегро-дифференциальных уравнений к системе линейных алгебраических уравнений.

Колебания конструкции раскладываются в ряд по собственным формам колебаний. Применяя метод Галеркина, получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Для исследования динамической устойчивости пластинки отбрасываются нелинейные слагаемые и определяются характеристические показатели линейной части системы.

В модели аэроупругости, не учитывающей сходящих вихрей, был проведён анализ устойчивости. Анализ подвергалась модель колебаний пластинки с учетом сходящих вихрей.

Проводилось численное моделирование колебаний пластинки при разных скоростях движения газа. Система дифференциальных уравнений решалась неявным методом Рунге-Кутты четвёртого порядка точности. Вычисления производились в пакете MATLAB.

Неустойчивое поведение наблюдалось для второй и третьей обобщенной координаты. Поведение обобщенных координат с течением времени представлено на рис.1.

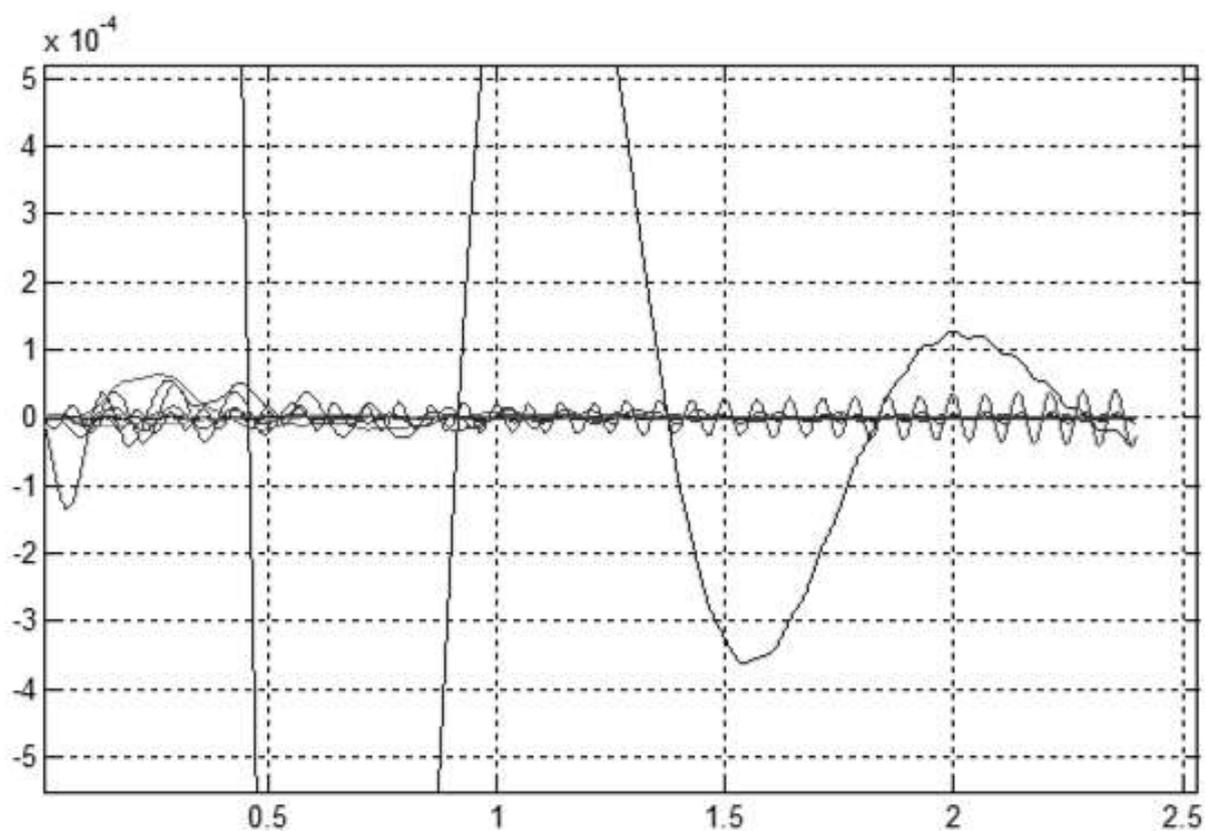


Рис. 1 – динамика обобщенных координат пластинки

Список литературы: 1. Кантор Б.Я., Стрельникова Е.А. "Гиперсингулярные интегральные уравнения в задачах механики сплошной среды". - Харьков: Новое слово, 2005.- 252 с., 2. Белоцерковский С.М., Лифанов И.К. "Численные методы в сингулярных интегральных уравнениях", - М.: Наука, 1985, 253с. 3 Zhicun Wang "Time-Domain Simulations of Aerodynamic Forces on Three-Dimensional Configurations, Unstable Aeroelastic Responses, and Control by Neural Network Systems".- Blacksburg, Virginia, 2004.