

О НЕЕДИНСТВЕННОСТИ УСТАНОВИВШИХСЯ ДВИЖЕНИЙ В ЗАДАЧЕ АКТИВНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ФЛАТТЕРА

М. Г. Гоман¹, М. Н. Деменков¹, К. С. Вихорев²

Университет Де Монтфорт, Лейстер, Великобритания¹

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия²

В работе исследуется задача стабилизации нелинейной аэроупругой системы на режиме флаттерной неустойчивости. В качестве прототипа такой системы рассматривается двумерный профиль с двумя упругими степенями свободы, имитирующими изгибные и крутильные колебания крыла. В качестве органов управления используются закрылки на передней и задней кромке профиля. Описанная аэроупругая система реализована в Texas A&M University, USA [1] как экспериментальная установка в аэродинамической трубе, которая позволяет осуществлять физическое моделирование и проверку различных законов управления для стабилизации флаттера.

Превышение скоростью потока некоторой критической величины приводит к возникновению в системе колебательной неустойчивости, которая индуцирует катастрофическое нарастание амплитуды колебаний системы. В случае когда упругая характеристика нелинейна, в системе устанавливаются периодические колебания с конечной амплитудой [2]. В работе были рассмотрены линейные модальные законы стабилизации флаттерной неустойчивости, а также законы на основе инверсии нелинейной динамики [1, 4].

Проведенный анализ показал, что на динамику замкнутой системы существенное влияние оказывают имеющиеся ограничения на отклонения органов управления, в частности, амплитуды максимального отклонения органов управления и ограничения по скорости их переключки. В силу этих ограничений при стабилизации нулевого положения равновесия не всегда удается ликвидировать автоколебательный режим движения, амплитуда которого только незначительно отличается от свободных автоколебаний при отсутствии управления. В результате область устойчивости нулевого положения равновесия оказывается ограниченной и ее размер недостаточным для парирования внешних возмущений [3].

Дополнительным негативным фактором, влияющим на размер области устойчивости нулевого равновесного режима, является возможность возникновения несимметричных равновесных режимов. Седловые равновесные решения, располагающиеся вблизи устойчи-

вого нулевого положения равновесия, катастрофически сокращают область стабилизированного режима движения.

Из проведенного анализа следует важный вывод, что для стабилизации флаттерной неустойчивости выбранный закон управления должен обеспечить не только стабилизацию нулевого положения равновесия с заданными динамическими свойствами, но также обеспечить нелокальные свойства динамики в виде устранения автоколебательного режима движения и отсутствия несимметричных решений.

Список литературы

1. *Platinitis G., Strganac Th.W.* Control of a Nonlinear Wing Section Using Leading- and Trailing-Edge Surfaces // AIAA J. of Guidance, Control, and Dynamics. 2004. V. 27. No. 1. P. 52–58.
2. *Dowell E., Edwards J., Strganac Th.* Nonlinear Aeroelasticity // AIAA J. of Aircraft. 2003. V. 40. No. 5. P. 857–874.
3. *Gujjula G., Singh S.N.* Limit Cycle Oscillation and Domain of Stability in Prototypical Wing Sections with Unsteady Aerodynamics // AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit. 16–19 August 2004. Providence, Rhode Island.
4. *Applebaum E., Ben-Asher J.Z.* Control of an Aeroelastic System with Actuator Saturation // AIAA J. of Guidance, Control, and Dynamics. 2007. V. 30. No. 2, P. 548–556.

ON COEXISTENCE OF STABLE MOTIONS IN ACTIVE FLUTTER STABILIZATION PROBLEM

M. G. Goman¹, M. N. Demenkov¹, K. S. Vikhorev²

De Montfort University, Leicester, UK¹

BMSTU n.a. N. E. Bauman, Moscow, Russia²

An active flutter stabilization problem is considered with account of amplitude and rate control constraints. A number of control laws based on linear pole placement and nonlinear dynamic inversion methods have been investigated. Computational qualitative analysis shows that multiple attractors can coexist in the closed-loop system, namely, the stabilized zero equilibrium, the limit cycle oscillations with large amplitude and asymmetrical equilibria or oscillations with small amplitude. This analysis concludes that for global stabilization of this problem the

designed control law should annihilate the open-loop limit cycle and prevent onset of asymmetrical solutions.