

Секция «Математика и механика»

Особенности нелинейной динамики консольных трехслойных балок

Коч Мария Игоревна

Аспирант

Саратовский государственный технический университет, Физико-технический факультет, Саратов, Россия

E-mail: mariacsit@mail.ru

Настоящая работа является продолжением исследований [1]. Используется та же математическая модель [1]. Рассматривается трехслойный пакет физически нелинейных балок, при нулевых начальных условиях, граничные условия каждой из балок: для правого края жесткая заделка, для левого - свободный край. Зазор между балками равен  $0,2$  толщины. На верхнюю балку действует знакопеременная нагрузка  $q = q_0 \sin \omega_p t$ ,  $\omega_p = 6.28$ ,  $t$  принадлежит интервалу  $[0; 100]$ .

Для интегрирования уравнений в частных производных, описывающих движение многослойного пакета, используется метод конечных разностей с аппроксимацией  $O(h^2)$  как по временной, так и по пространственной координате.

Обнаружено интересное явление при изучении колебаний трехслойного пакета балок на интервале  $[2,2; 3,0]$  амплитуды нагрузки  $q_0$ . При увеличении амплитуды внешней нагрузки появляются окна, когда колебания второй и третьей балок не наблюдаются, хотя при меньших нагрузках происходил их захват первой балкой. При нагрузках  $q_0 = 2.2$  и  $q_0 = 2.3$  наблюдаются совместные колебания балок всего пакета, при  $q_0 = 2.4$  происходит захват только второй балки первой, на интервале амплитуды нагрузки  $[2.5; 2.7]$  колебания второй и третьей балок не наблюдаются. Увеличив амплитуду нагрузки  $q_0 = 2.8$ , вновь происходит захват всех балок. При  $q_0 = 2.9$  колебания вновь отсутствуют. При дальнейшем увеличении нагрузок на рассматриваемом интервале времени подобных окон не наблюдалось.

Также следует отметить, что происходит смена характера колебаний: в начале рассматриваемого интервала времени колебания балок являются гармоническими, в дальнейшем происходит переход к хаотическим колебаниям. Эти хаотические колебания первой балки и приводят к захвату последующих балок, колебания которых также становятся хаотическими.

Для анализа сложных колебаний использовались методы нелинейной динамики и качественной теории дифференциальных уравнений: анализируются для каждой балки сигналы, фазовые портреты, сечение Пуанкаре, Фурье-спектр, вейвлет-анализ, Ляпуновские показатели [2]. Для анализа фазовой синхронизации разработан новый метод, основанный на вейвлет-анализе с использованием вейвлета Морле. Фазовая синхронизация означает, что происходит захват хаотических сигналов, в то время как их амплитуды остаются несвязанными друг с другом и выглядят хаотическими. Захват фаз влечет за собой совпадение частот сигналов. Синхронизированными оказываются те временные масштабы, на которые приходится наибольшие доли энергии.

Литература

1. Коч М.И. Солдатов В.В. Нелинейная динамика трехслойных балок // Материалы Международного научного форума "Ломоносов - 2010". Москва: МАКС Пресс, 2010

2. Krysko V.A., Awrejcewicz J. Chaos in Structural Mechanics. Springer. - Berlin, London, New-York, Paris, 2008. 400 p.