

Параметрический удар. При импульсном изменении индукции магнитного поля комплексный модуль сдвига для МР слоя есть функция времени $G_2 = G_2(v_r t)$, где $v_r = 1/t_r$ – скорость реакции МРЭ на сигнал магнитного поля (для рассматриваемых образцов МРЭ $100 \text{ с}^{-1} \leq v_r \leq 1000 \text{ с}^{-1}$). Введем малый параметр $\varepsilon = t_r/T_b \ll 1$, характеризующий относительное время изменения реологических свойств балки по сравнению с периодом T_b низкочастотных колебаний. С использованием метода многих масштабов по времени были построены нестационарные решения уравнения (1), описывающие возбуждаемые высокочастотные колебания балки, которые можно рассматривать как динамическую реакцию на быстрый сигнал (параметрический удар) магнитного поля.

Литература

1. Григолюк Э. И., Куликов Г. М. *Многослойные армированные оболочки: Расчет пневматических шин*. М.: Машиностроение. – 1988. – 288с.
2. Mikhasev G., Botogova M., Korobko E. *Theory of Thin Adaptive Laminated Shells Based on Magnetorheological Materials and its Application in Problems on Vibration Suppression*. In book «Shell-like Structures», Ser. «Advanced Structured Materials» (Eds. H. Altenbach and V. Eremeyev) – Springer. – 2011, Vol. 15, Chapter 48. – P. 727–750.
3. Korobko E. V., Mikhasev G. I., Novikova Z. A., Zhurauski M. A. *On Damping Vibrations of Three Layered Beam Containing Magnetorheological Elastomer* // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2012. – Vol. 23, No. 9. – P. 1019 – 1023.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЕ СТАТИЧЕСКОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ПОДАТЛИВЫХ К ТРАНСВЕРСАЛЬНЫМ СДВИГУ И СЖАТИЮ КОМПОЗИТНЫХ ПЛАСТИН И ОБОЛОЧЕК

Марчук М. В., Пакош В. С.

Институт прикладных проблем механики и математики

им. Я. С. Подстригача НАН Украины,

ул. Научная, 3-б, Львов, 79060, Украина

marchuk@iapmm.lviv.ua, mv_marchuk@ukr.net, v.pakosh@ukr.net

Композитные тонкостенные элементы пластинчатого та оболочечного типа широко используются в различных конструкциях и технических приспособлениях, которые испытывают воздействие интенсивных как статических, так и динамических (в частности, циклических) нагрузок. Эти нагрузки могут быть причиной значительных прогибов, соразмерных с толщиной тонкостенных элементов, что обуславливает геометрически нелинейный характер их деформированного состояния. Начало исследований по нелинейной механике тонкостенных элементов конструкций было положено построением квадратичной теории пластин Кармана, являющейся аналогом линейной классической теории Кирхгофа–Лява. Фундаментальным вкладом в развитие этого подхода к изучению статического и динамического деформирования тонких оболочек и пластин являются работы [2, 4, 6–9, 17].

Позже отдельными исследователями использовались соотношения нелинейной технической теории, в основу которой положена сдвиговая модель С. П. Тимошенко [1, 5, 10, 14, 16]. Однако упомянутые теории не учитывают в достаточной степени особенностей деформирования композитных пластин и оболочек. Определенное продвижение в этом направлении сделано в работах [3, 5, 7, 13, 15]. Поэтому существовала необходимость в построении математической модели геометрически нелинейного статического и динамического деформирования пластин и оболочек, которая учитывала бы, наряду с анизотропией упругих характеристик, такие основные специфические особенности свойств композитов, как податливость трансверсальным сдвигам и поперечному сжатию-расширению, а также удовлетворяла бы условию возможности практического применения.

С целью решения указанной проблемы был развит на случай геометрически нелинейного деформирования метод аппроксимации характеристик напряженно-деформированного состояния тонкостенного элемента частными суммами рядов по полиномам Лежандра от нормальной к срединной поверхности координаты с одновременным удовлетворением граничных условий в напряжениях на лицевых поверхностях. Такой подход был предложен, детально рассмотрен и обоснован в [11, 12] применительно к задачам линейного деформирования упругих пластин и оболочек. В результате получено шесть нелинейных по двум пространственным координатам и линейных по времени уравнений в частных производных относительно обобщенных перемещений, которые вместе с соответственными граничными и начальными условиями составляют уточненную математическую модель нелинейного упругого динамического деформирования податливых трансверсальным сдвигам и поперечному сжатию пластин и оболочек. Причем, начально-краевые задачи формулируются в исходной недеформированной системе координат. В качестве примеров применения рассмотрены и получены решения следующих задач:

1. Задача статического изгиба поперечной равномерно распределенной нагрузкой жестко заземленной по краям полосы-пластины. Получено аналитическое решение и исследовано влияние физико-механических параметров материала и степени нагружения на деформативность рассмотренной пластины.

2. Нелинейные поперечные колебания податливых трансверсальным сдвиговым деформациям и сжатию пластин. Получены выражения для амплитуд генерированных поперечными свободными колебаниями вынужденных продольных и сдвиговых колебаний. Построены скелетные кривые зависимости основной частоты нелинейных поперечных колебаний от амплитуды. Исследовано влияние параметров податливости трансверсальным сдвиговым деформациям и поперечному сжатию, а также условий закрепления краев пластины на характер этой зависимости.

Литература

1. Ванин Г. А., Жукова Н. Б., Семенюк Н. П. *К нелинейной теории оболочек типа Тимошенко в квадратичном и более высоких приближениях* // Тр. XIV Всесоюз. конф. по теории пластин и оболочек. Кутаиси, 1987. – С. 267 – 272.

2. Вольмир А. С. *Нелинейная динамика пластинок и оболочек*. – М.: Наука, 1972. – 432 с.
3. Галимов К. З. *К построению нелинейной теории тонких оболочек сложной формы с учетом поперечных сдвигов и обжатия* // Исследования по теории пластин и оболочек: В 2 ч. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1984. – Вып. 17. – Ч. 1. – С. 70–109.
4. Галимов К. З. *Основы нелинейной теории тонких оболочек*. Казань: Казанский ун-т, 1975. – 326 с.
5. Григоренко Я. М. *Некоторые подходы к численному решению линейных и нелинейных задач теории оболочек в классической и уточненной постановках* // Прикл. механика. – 1996. – 32, № 6. – С. 3 – 31.
6. Григоренко Я. М. *Некоторые подходы к исследованию деформирования гибких оболочек* // Мат. методи та фіз.-мех. поля. – 2008. – 51, № 2. – С. 152 – 165.
7. Григоренко Я. М., Мукоед А. П. *Решение нелинейных задач теории оболочек на ЭВМ*. Киев: Вища шк., 1983. – 286 с.
8. Каюк Я. Ф. *Геометрически нелинейные задачи теории пластин и оболочек*. Киев: Наук. думка, 1987. – 208 с.
9. Корнишин М. С., Исанбаева Ф. С. *Гибкие пластины и панели*. М.: Наука, 1968. – 260 с.
10. Крысько В. А. *Нелинейная статика и динамика неоднородных оболочек*. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1976. – 216 с.
11. Пелех Б. Л., Сухорольский М. А. *Контактные задачи теории упругих анизотропных оболочек*. Киев: Наук. думка, 1980. – 214 с.
12. Пелех Б. Л., Сухорольский М. А. *Про один новий підхід до побудови теорії оболонок з врахуванням граничних умов на поверхнях* // Доп. АН УРСР. Сер. А. – 1978. – № 5. – С. 441 – 444.
13. Пискунов В. Г., Вериженко В. Е. *Линейные и нелинейные задачи расчета слоистых конструкций*. Киев: Будівельник, 1986. – 176 с.
14. Семенюк Н. П., Жукова Н. Б. *Об уравнениях нелинейной теории пластин типа Тимошенко при больших перемещениях* // Доп. НАН України. – 2002. – № 10. – С. 48 – 55.
15. Ciarlet P.G., Roquefort A. *Justification of a two-dimensional nonlinear shell model of Koiter's type* // Chinese Ann. Math. Ser. B 22. – 2001. – 2. – P. 129 – 144.
16. Di Sciuva M., Librescu L. *Contribution to the nonlinear theory of multilayered composite shells featuring damaged interfaces* // Compos. B. – 2001. – 32, No. 3. – P. 219–227.
17. Lopez S. *Geometrically nonlinear analysis of plates and cylindrical shells by a predictor – corrector method* // Int. J. Comput. and Struct. – 2001. – 79, No. 15. – P. 1405 – 1415.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ДИСКРЕТНО ПОДКРЕПЛЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ НАГРУЗКАХ

Мейш В. Ф., Мейш Ю. А., Кепенач Н. П.

Институт механики им. С.П. Тимошенко НАН Украины,

Украина, 03057, Киев, ул. Нестерова, 3

vfmeish@gmail.com.ua

В данной работе в рамках модели теории оболочек и стержней типа Тимошенко приведена постановка задачи о вынужденных колебаниях продоль-