

К ЧИСЛЕННОМУ РЕШЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ (КОНСТРУКТИВНО ОРТОТРОПНАЯ МОДЕЛЬ)

Мейш В.Ф., д.ф.-м.н., проф., Кепенач Н.П.

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

e-mail: vfmeish@gmail.com.ua

Рассматривается цилиндрическая оболочка эллиптического сечения подкрепленная регулярным набором продольных и поперечных ребер. Для описания напряженно-деформируемого состояния (НДС) исходной неоднородной оболочечной структуры применяется конструктивно – ортотропная модель теории подкрепленных оболочек типа Тимошенко [1, 2]. При этом, подкрепленная оболочка рассматривается как некая двухслойная оболочка, состоящая собственно из обшивки и слоя с приведенными физико – механическими параметрами в направлениях s_1 и s_2 [1]. Полагаем, что НДС обшивки можно определить через обобщенный вектор перемещений срединной поверхности $\bar{U} = (u_1, u_2, u_3, \varphi_1, \varphi_2)$. Соответственно, НДС приведенного слоя определяется через обобщенный вектор перемещений слоя $\bar{U}_c = (u_{1c}, u_{2c}, u_{3c}, \varphi_{1c}, \varphi_{2c})$. Связь между компонентами векторов \bar{U} и \bar{U}_c в случае чисто продольного подкрепления определяется формулами [1]

$$u_{1c}(s_1, s_2) = u_1(s_1, s_2) \pm h_{ci} \varphi_1(s_1, s_2); \quad (1)$$

$$u_{2c}(s_1, s_2) = u_2(s_1, s_2) \pm h_{ci} \varphi_2(s_1, s_2); \quad u_{3c}(s_1, s_2) = u_3(s_1, s_2);$$

$$\varphi_{1c}(s_1, s_2) = \varphi_1(s_1, s_2); \quad \varphi_{2c}(s_1, s_2) = \varphi_2(s_1, s_2).$$

В уравнениях (1) $h_{ci} = 0,5(h + h_i)$, где h – толщина обшивки; h_i – высота ребер в продольном направлении. Знаки \pm соответствуют случаям внешнего и внутреннего подкрепления.

Аналогично записываются уравнения связи для чисто поперечного подкрепления [1].

Для вывода уравнений колебаний цилиндрической оболочки на упругом основании используется вариационный принцип стационарности

Гамильтона–Остроградского [1, 2]. После стандартных преобразований в вариационном функционале получим уравнения колебаний гладкой цилиндрической оболочки с эллиптическим поперечным сечением [1].

$$\frac{\partial}{\partial s_1}(T_{11} + T_{11c}) + \frac{\partial S}{\partial s_2} = \left(\rho h + \rho_1 \frac{F_1}{l_1} + \rho_2 \frac{F_2}{l_2} \right) \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} \pm$$

$$(2)$$

$$\pm \left(\rho_1 \frac{F_1 h_{ci}}{l_1} + \rho_2 \frac{F_2 h_{cj}}{l_2} \right) \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2}; \quad \dots$$

Величины усилий и моментов в уравнениях колебаний для неоднородной оболочки (2) связаны с соответствующими величинами деформаций согласно соотношений [1, 2].

Численный алгоритм решения исходной начально – краевой задачи основывается на применении интегро – интерполяционного метода построения разностных соотношений по пространственным координатам s_1, s_2 и явной аппроксимации по временной координате t [1, 2].

Как числовой пример, рассматривалась задача динамического поведения продольно - поперечно подкрепленной ребрами цилиндрической оболочки эллиптического сечения при действии распределенной внутренней импульсной загрузки $P_3(s_1, s_2, t)$. Предполагалось, что края оболочки жестко защемлены. Проведен анализ численных результатов в зависимости от параметров эллиптичности оболочки и параметров конструктивной ортотропии.

1. Мейш В.Ф., Мейш Ю.А., Кепенач Н.П. Решение задач динамического поведения цилиндрических оболочек эллиптического сечения при нестационарных нагрузках // Теоретическая и прикладная механика. -2014. – Вып. 8(54). – С. 98 -105.
2. Головки К.Г., Луговой П.З., Мейш В.Ф. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках: монография под ред. акад НАН Украины А.Н. Гузя. - К.: Изд. полигр. центр «Киевский ун-т», 2012. – 541 с.

TO THE NUMERICAL SOLUTION OF DYNAMIC PROBLEMS OF REINFORCEMENT CYLINDRICAL SHELLS ELLIPTICAL CROSS-SECTION THEORY (STRUCTURALLY - ORTHOTROPIC MODEL)

In this paper we consider the problem of forced oscillations of stiffened cylindrical shells with an elliptical cross section under the action of the nonstationary loads. Structurally - orthotropic model of stiffened shells theory is accepted. Postulation and numerical algorithm for the solution of the put problem

is represented. The system of differential equations is based on the theory of shells and rods Timoshenko type. As an example the results of analysis of nonstationary vibrations of stiffened cylindrical shells with elliptical cross - section are presented.