

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ТЕРМОСИЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ С ЗАДАННЫМ УРОВНЕМ НАДЁЖНОСТИ И УЧЁТОМ СТАТИСТИЧЕСКИХ РАЗБРОСОВ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ СЛОЁВ

Миронихин А.Н.

АО «Композит», г. Королёв Московская область
info@kompozit-mv.ru

В рамках настоящей работы сформулирована и решена задача оптимального проектирования многослойной оболочки, включающей слои из ортотропных композиционных материалов, при термосиловом нагружении в стохастической постановке, т. н. задача стохастического программирования. В качестве варьируемых параметров были выбраны толщины слоёв оболочки, а в качестве целевой функции – масса оболочки. Допустимая область поиска определялась геометрическими ограничениями на варьируемые параметры, тепловыми и прочностными ограничениями. При анализе напряжённо-деформированного состояния конструкции и вычислении прочностного ограничения использовался метод конечных элементов. При этом при выводе разрешающих уравнений для определения неизвестных напряжений применялся смешанный вариационный принцип Хеллингера-Рейснера [1].

При записи стохастической постановки прочностное ограничение заменялось ограничением вероятности безотказной работы конструкции и вводился вектор случайных величин, содержащий модули упругости E , модули сдвига G , коэффициенты Пуассона ν , технические константы линейного расширения α , пределы прочности при растяжении F^+ , сжатии F^- и сдвиге F . Каждая компонента данного вектора принималась нормально распределённой случайной величиной с известными математическим ожиданием и дисперсией:

$$\vec{Y} = \{E_r^{(i)}, \dots, G_{rz}^{(i)}, \nu_{rz}^{(i)}, \dots, \alpha_r^{(i)}, \dots, F_r^{+(i)}, F_r^{-(i)}, \dots\}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

$$Y_\xi \in N(\bar{Y}_\xi, S_{Y_\xi}^2), \quad \xi = 1, 2, \dots, \omega. \quad (2)$$

При построении детерминированного эквивалента стохастической задачи оптимизации вычислялось минимальное значение надёжности конструкции P_S с использованием метода Монте-Карло [2]. Для решения эквивалентной детерминированной задачи применялся метод внешних штрафных функций, для решения задачи безусловной минимизации использовался алгоритм Нелдера-Мида [3].

Решена задача оптимального проектирования теплонагруженной многослойной оболочки в стохастической постановке, получены зависимости оптимального значения весового критерия эффективности проекта от уровня разбросов физико-механических свойств материалов слоёв для различных значений вероятности безотказной работы.

Литература

- [1] Метод конечных элементов в механике твёрдых тел/ Под общей ред. А.С. Сахарова и И. Альтенбаха. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 480 с.
- [2] Райзер В.Д. Теория надёжности сооружений. Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 384 с.
- [3] Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: Учеб. для вузов/ Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 440 с.