МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кравцова Л.В., Богдан А.П.

Херсонская государственная морская академия, Херсон, Украина

E-mail: arundo.p@mail.ru

Постановка задачи. В процессе эксплуатации конструкции, изготовленные из эпоксидных композитных материалов (ЭКМ), подвергаются действию внешних влияний – нагрузка, температура, действие агрессивной среды. Это приводит к снижению эксплуатационных характеристик материалов и последующего разрушения. Исходя из этого, одной из важных задач, которые недостаточно решены на сегодняшний день, является прогнозирование рабочих характеристик ЭКМ.

Цель работы – на основании экспериментальной зависимости абсолютной деформации образцов от предварительно заданной концентрации наполнителя в ЭКМ спрогнозировать деформационные свойства образцов из композитов с другой концентрацией частиц наполнителя.

В данной работе на предварительном этапе в результате эксперимента получены зависимости абсолютной деформации (ΔL) образцов от величины нагрузки (Р, Н) для ЕКМ с разной концентрацией наполнителя (q, масс.ч.). Измерение деформации проводили при концентрации наполнителя в ЭКМ q = 10, 20, 40, 60 масс.ч. на 100 масс.ч. эпоксидной смолы. Для прогнозирования деформации ЭКМ при концентрации наполнителя в ЭКМ q = 70, 80 масс.ч. на 100 масс.ч. эпоксидной смолы использовали интерполяционный полином Лагранжа. Значения зависимости деформации образцов от концентрации наполнителя использовали как узлы интерполяции и строили аналитическую функцию G(x) (отдельно для каждого значения нагрузки Р). Функцию находили в виде линейной комбинации некоторых функций:

$$G(x) = \sum_{k=1}^{n+1} a_k \varphi_k(x), \tag{1}$$

де $\varphi_k(x)$ - заданные функции, а a_k - искомые коэффициенты.

Из постановки задачи интерполяции, то есть из условия $G(x_i) = y_i$, следует, что коэффициенты и a_k определяются из решения системы уравнений:

$$\sum_{k=1}^{n+1} a_k \varphi_k(x_j) = y_j, \quad j = 1,2,\ldots n+1, \tag{2}$$

Рассчитывали коэффициенты Лагранжа для значений деформации при каждом фиксированном значении нагрузки; узлы интерполяции q = 10, 20, 40, 60 масс. ч.

$$\Phi_k(x) = \\ = \prod_{\substack{j=1,2,\ldots n+1 \\ j \neq k}} \frac{x - x_j}{x_k - x_j} = \frac{(x - x_1)(x - x_2)\ldots(x - x_{k-1})(x - x_{k+1})\ldots(x - x_{n+1})}{(x_k - x_1)(x_k - x_2)\ldots(x_k - x_{k-1})(x_k - x_{k+1})\ldots(x_k - x_{n+1})} \tag{3}$$

В виде узлов взяли следующие значения концентраций наполнителя $x = 70$ и $x = 80$ (масс. ч.). Для $x = 70$ получены значения коэффициентов: $\Phi_1(x) = -1$; $\Phi_2(x) = 2{,}25$; $\Phi_3(x) = -2{,}5$; $\Phi_4(x) = 2{,}25$, для $x = 80$ получили значения коэффициентов: $\Phi_1(x) = -3{,}2$; $\Phi_2(x) = 7$; $\Phi_3(x) = -7$; $\Phi_4(x) = 4{,}2$.

Достоверность прогнозирования оценивали, используя результаты эксперимента для концентрации частиц q = 80 масс.ч. Расчет показал, что отклонение расчетных значений деформации от экспериментальных $\Delta L^P_{\text{расч}} - \Delta L^{\text{P}}_{\text{табл}} > 0$ для всех значений нагрузки P, что говорит о некотором запасе прочности образца. Дисперсия полученных результатов D = 0,1711, что является допустимым значением для эксперимента. Таким образом, анализируя результаты зависимости деформации от нагрузки образцов при концентрации наполнителя в ЭКМ – q = 10, 20, 40, 60 масс.ч., спрогнозировали деформацию материалов при концентрации частиц – q = 70, 80 масс.ч.

Выводы. Методом математического моделирования получены параметры зависимости абсолютной деформации образцов ЭКМ от концентрации наполнителя диоксида циркония под действием нагрузки. Спрогнозировано деформацию ЭКМ с концентрацией наполнителя q = 70, 80 масс.ч. под действием силы P = 100…400 Н. Получено оценку максимальной ошибки расчета.