

И. А. Гарькина, А. М. Данилов, Е. В. Королев (Пенза, ПГУАС). **Управление качеством строительных материалов как систем.**

Управление структурой и свойствами новых материалов требует создания единой теории, позволяющей организовать и упорядочить многочисленные эмпирические результаты для изучения свойств материалов. Одним из перспективных направлений является представление композиционных материалов как систем, связанных с проведением междисциплинарных системных исследований. Однако «структура», «строение» трудно определимы и плохо формализуемы: упрощенное толкование структуры как строения не позволяет определить оптимальную структуру и взаимосвязь со свойствами (одному и тому же показателю свойств, например, прочности, могут соответствовать различные микро- и макроструктуры).

В работе, представленной данным сообщением, оптимизация каждого структурного уровня осуществлялась на основе выделенных критериев (совокупности экспериментально определенных основных свойств). Их число устанавливалось, исходя из дифференциального порога для выделения классов качества с субъективной оценкой полноты множества частных критериев. Использовался предложенный К. Пирсоном метод главных компонент (метод собственного ортогонального разложения или дискретное преобразование Карунена–Лоэва). Это позволило определить и снизить число независимых частных критериев для оценки качества материала. Вычислительный аппарат метода включает: центрирование признаков (частных критериев), определение матрицы ковариаций C , ее собственных значений λ_i и собственных векторов v_i , сортировку собственных векторов в порядке убывания собственных значений. Единичные собственные векторы, определяющие главные направления, составляют строки матрицы L перехода к главным компонентам (линейный однородный оператор с матрицей L осуществляет преобразование исходных центрированных данных в некоррелированные и с убывающими дисперсиями). Понижение размерности (разделение исходных данных на содержательную часть и шумы) в рамках метода главных компонент достигается отбрасыванием направлений, соответствующих малым собственным значениям (общих правил выбора числа значимых главных компонент нет). Использовалось и правило сломанной трости (состоит в сравнении упорядоченных (по убыванию) k собственных значений матрицы ковариаций с длинами l_i «обломков трости» единичной длины, сломанной в $(k - 1)$ -й точке). Применение метода главных компонент для оценки качества композиционных материалов со специальными свойствами (в числе приоритетных: пористость q_1 , прочность при сжатии q_2 и плотность q_3) позволило получить связь главных компонент $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ с исходными показателями:

$$\Gamma_1 = -0,063q_1 + 0,940q_3, \quad \Gamma_2 = 0,221q_1 - 0,975q_2, \quad \Gamma_3 = 0,973q_1 - 0,021q_2 + 0,063q_3.$$

В силу $\lambda_2 \gg \lambda_1$ и $\lambda_3 \gg \lambda_2$ значимая главная компонента единственна и соответствует главному направлению v_3 ; вектор первого главного направления образует малый угол с осью третьей исходной переменной. Доминирующим является третий показатель (средняя плотность).

На каждом следующем структурном уровне (новый материал) оптимизированные рецептура и технология предыдущего уровня уточнялись (последовательное совмещение уровней от микро- до макроструктуры производилось на основе критериев (свойств), обеспечивающих получение качественного композиционного материала на уровне макроструктуры (продукта технологии)). Многокритериальная оптимизация радиационно-защитного композита осуществлялась на основе последовательного включения систем более низкого уровня в системы более высокого уровня (иерархическая структура композита) на основе разработанных когнитивной карты и иерархической структуры критериев качества.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (№ гос. рег. 01200609111) и по заказу Минобразования и науки РФ (гос. рег. № 01200850940).