

И. А. Гарькина, А. М. Данилов, Е. В. Королев (Пенза, ПГУАС). **Алгоритм синтеза материалов со специальными свойствами: каузальные связи, оргграф, оптимизация.**

Развитие ядерной энергетики, чернобыльская катастрофа, необходимость решения задач по инженерной защите персонала, населения, оборудования, зданий и сооружений ряда отраслей промышленности, включая хранение высокотоксичных и радиоактивных отходов и материалов, значительно повысили актуальность создания композиционных материалов со специальными свойствами и возможностью регулирования их структуры.

В связи с этим были проведены комплексные исследования с использованием системного подхода, методов и алгоритмов структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем, современных методов математического моделирования, разработана информационная база для проектирования и управления технологией производства указанных материалов.

В основе исследований лежит техническое задание на разработку композиционного материала, определяющее требуемые структуру и свойства.

Рассматривая композит как слабо структурированную систему, проводилось когнитивное моделирование, изучались каузальные связи, разрабатывалась когнитивная карта, что позволило определить интенсивные и экстенсивные свойства, управляющие рецептурно-технологические параметры.

Последовательно выделялись масштабные уровни (микро-, мезо-, макроструктура), определялись критерии качества, разрабатывалась их иерархическая структура.

В соответствии с последней разработана иерархическая структура композита с декомпозицией материала для всех выделенных масштабных уровней.

Далее осуществлялась формализация частных критериев качества и строились математические модели материала по каждому из критериев.

Проводилась формализация задачи однокритериальной оптимизации для каждого из выделенных критериев.

Решения указанных задач (оптимальные значения для каждой однокритериальной задачи) принимались в качестве контрольных показателей \hat{q}_j . Для рассматриваемого материала точка $(\hat{q}_1, \hat{q}_2, \dots, \hat{q}_m)$ оказалась недостижимой.

Минимизация скалярного критерия качества

$$h(\mathbf{x}) = \left(\sum_{jk} r_{jk} (q_j(\mathbf{x}) - \hat{q}_j)(q_k(\mathbf{x}) - \hat{q}_k) \right)^{1/2}$$

позволила определить предельные возможности достижения «абсолютного максимума» $(\hat{q}_1, \hat{q}_2, \dots, \hat{q}_m)$; $\mathbf{R} = \|r_{ij}\|$ — положительно определенная матрица; при $\mathbf{R} = \mathbf{E}$ получим евклидово расстояние от точки $(q_1(\mathbf{x}), q_2(\mathbf{x}), \dots, q_m(\mathbf{x}))$ до точки $(\hat{q}_1, \hat{q}_2, \dots, \hat{q}_m)$ в пространстве критериев.

Использовались и другие методы многокритериальной оптимизации, в частности, линейная свертка критериев, построение множеств Парето, векторная оптимизация решением лексикографической задачи, методом последовательных уступок. Были определены рецептурно-технологические параметры сверхтяжелого бетона, конкурентоспособного на мировом рынке защитных материалов; в качестве заполнителя использовалась свинцовая дробь с диаметром 4–5 мм, а наполнителя — барит, $S_{уд} = 250 \text{ м}^2/\text{кг}$.

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