

**ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРИ  
ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЙНИХ ВОГНЕТРИВКИХ  
ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ  
УСТАНОВОК**

*Д.М. Степанчиков, доцент., О.С. Скрипченко, студент,  
Херсонський національний технічний університет*

Відомо, що відпрацьовані гази транспортних енергетичних установок, які перетворюють енергію згоряння палива (двигунів внутрішнього згоряння, газотурбінних двигунів, твердопаливних котлів) містять тверді частинки палива, що не повністю згоріли. Такі частинки можуть догорати у газоході, осаджуватися на стінках газоходу, вилітати у вигляді іскор назовні. Це приводить до підвищеного виділення тепла у газоходах, ерозії та швидкого зносу стінок газоходу (прогоряння), зниження потужності енергетичної установки, можливості потрапляння чадних газів у житлові приміщення, забруднення атмосфери, пожежної безпеки.

Для зниження пожежної безпеки, крім активних засобів попередження та захисту, у конструкції газоходу повинен використовуватися пасивний захист, який унеможлиблює виникнення і розвиток пожежі. Перспективними у цьому сенсі є захисні покриття на основі композиційних матеріалів. Такі матеріали відзначаються доброю технологічністю при нанесенні на деталі зі складним профілем поверхні. Ефективним методом зниження горючості композиційних матеріалів є використання сповільнювачів горіння, які впливають на процеси структурування полімеру при дії на нього підвищених температур. Застосування з'єднань, які каталізують піролітичні процеси, також забезпечує зниження забруднення навколишнього середовища. До таких з'єднань для епоксидних смол відносяться сповільнювачі горіння (наповнювачі), що містять фосфор і одночасно з впливом на процеси при піролізі та горінні, змінюють технологічні та експлуатаційні властивості композитів [1].

На сьогодні проблема створення композиційних матеріалів і захисних покриттів на їх основі, які б відзначались підвищеними показниками комплексу експлуатаційних характеристик є актуальною. У цьому плані корисною є оптимізація складу інгредієнтів композиційного матеріалу (епоксидна матриця + твердник + наповнювач), оскільки вміст та тип наповнювача суттєво змінює характеристики композиційного матеріалу. Для такої оптимізації передбачається застосування алгоритмів нечіткої логіки.

Для розв'язку поставленої задачі застосовується один з методів скаляризації векторних оцінок – метод відбору через упорядкування об'єктів за зразком. Під зразком розуміємо клас об'єктів, який характеризуємо узагальненою ціллю  $h = (c_1, \dots, c_j, \dots, c_n)$ . У якості параметрів  $c_j$  можна обрати максимальні значення експериментальних фізико-механічних та теплофізичних параметрів (кисневий індекс, руйнуюче напруження, ударна в'язкість, твердість за Бринелем, теплостійкість за Віка) і мінімальні значення параметрів (втрати маси при підпалюванні, температура початку деструкції).

В результаті для кожного типу пластифікатору, наповнювача та їх комбінацій отримаємо матриці виду [2]:

$$R = \begin{pmatrix} | & \Pi_1 & \Pi_2 & \dots & \Pi_n \\ \hline q_1 & \delta y_{11} & \delta y_{12} & \dots & \delta y_{1n} \\ q_2 & \delta y_{21} & \delta y_{22} & \dots & \delta y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_m & \delta y_{m1} & \delta y_{m2} & \dots & \delta y_{mn} \\ | & & & & \end{pmatrix}$$

де  $q_i$  – масове число пластифікатору, або наповнювача, або матеріал з певною комбінацією пластифікатору і наповнювача;  $\Pi_i$  – фізико-механічні та теплофізичні параметри,  $\delta y_{ij}$  – відносне відхилення  $j$ -ї ознаки від цілі:

$$\delta y_{ij} = \begin{cases} \frac{|y_{ij} - c_j|}{y_{j,\max} - c_j}; & y_{ij} > c_j; \\ \frac{|y_{ij} - c_j|}{c_j - y_{j,\max}}; & y_{ij} < c_j. \end{cases}$$

де  $i$  – номер строки,  $j$  – номер стовпчика у матриці.

При теоретичному аналізі використовуються узагальнюючі багатокритеріальні функції корисності [2]: адитивна згортка, степенева мультиплікативна згортка, критерії Севіджа, Вальда, Лапласа, Гурвиця. Для остаточного висновку відносно оптимальної масової частки того чи іншого наповнювача необхідно врахувати співпадіння по різних узагальнюючих функціях.

### Література

1. Букетов А.В. Епоксидні наноккомпозити: монографія / А.В. Букетов, О.О. Сапронов, В.Л. Алексенко. – Херсон: ХДМА, 2015. – 184 с.
2. Микони С.В. Многокритеріальний вибор на конечном множестве альтернатив. – СПб.: Изд-во “Лань”, 2009. – 272 с.