

УДК 620.179.147

## РАЗРАБОТКА КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЯ ИЗ УГЛЕРОД-КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Хошев А.Е. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Федоров А.В.  
(Университет ИТМО)

В работе рассмотрена возможность создания конечно-элементной модели вихретокового контроля изделия из углерод-керамических композиционных материалов. Полученные результаты были изучены и сопоставлены с более точным и ресурсозатратным методом решения поставленной задачи. На основе полученных результатов сделаны выводы о том, насколько модель применима для будущих исследований.

**Введение.** Углерод-керамические композиционные материалы (далее УККМ) обладают рядом свойств, которые делают их незаменимыми в авиа- и ракетостроении, судопроизводстве и энергетике. Основными отличительными свойствами УККМ являются высокая прочность при повышенных температурах, низкий коэффициент линейного расширения, высокий коэффициентом теплопроводности, а также низкая плотностью, все эти свойства позволяют использовать данные материалы в условиях агрессивных сред. Для обеспечения необходимой стойкости при эксплуатации изделий из УККМ в сложных условиях обтекания химическим, высокотемпературным и высокоскоростным потоком продуктов сгорания топлива, на изделие из УККМ дополнительно наносят специальное защитное покрытие. Особенность нанесения данного покрытия обуславливает диффузию его молекул в поверхностные слои УККМ, в результате чего слой покрытия приобретает градиентный характер. От толщины градиентного слоя защитного покрытия зависят свойства стойкости изделия к внешним воздействиям теплового и газодинамического потока. В связи с этим, актуальным является измерение толщины данного слоя.

**Основная часть.** Была разработана числовая модель вихретокового контроля изделий из УККМ в ПО Comsol Multiphysics, для создания модели вихретокового датчика карандашного типа был использован интерфейс Magnetic fields, в основе которого лежит решение уравнений Максвелла, модель изделия из УККМ с учетом градиентного слоя и анизотропии удельной электропроводности была создана при помощи инструмента Layered Material. Для оценки адекватности получаемых результатов была разработана модель на основе уравнения Геймгольца методом GFEM на языке Matlab, так как данный метод хорошо изучен и часто применяется для решения подобных задач, но менее универсален и удобен для частых множественных расчетов.

**Выводы.** На основе результатов сравнения полученных результатов с результатами расчета глубины проникновения вихревых токов на основе уравнения Геймгольца, был сделан вывод об адекватности и применимости модели для разработки датчиков на основе полученных параметров в целях экспериментальной проверки полученных результатов и разработки методики контроля изделий из УККМ в будущем.