

Краткий отчет за 2023 год по гранту РФФИ «Разработка математических моделей объёмных тканых структур и исследование новых композитных материалов на их основе», рук. Маслов Л.Б.

В ходе выполнения проекта разработаны математические и экспериментальные подходы к определению эффективных упругих свойств полимерных композитных материалов на основе объёмных тканых структур. Для теоретического определения значений эффективных упругих свойств композитов на основе трехмерных тканых структур применялись как методы прямого конечно-элементного моделирования, так и известные в механике гетерогенных сред аналитические подходы на основе методов эффективного поля (Мори-Танака) применительно к волокнистым композитам с нитями сложной пространственной формы.

В проекте был разработан ряд математических моделей, описывающих известные в литературе и применяемые в производстве виды трехмерных переплетений из углеродных волокон, с помощью которых проведены расчеты эффективных упругих модулей на мезо-уровне (ячейка периодичности, раппорт) в программном комплексе WiseTex/CompTex. Исследованы типичные виды объёмных переплетений, включая ортогональное и угловое с перевязкой слоев, с различными полимерными материалами матрицы и проведен сравнительный анализ эффективных механических свойств композитов. Проведен сравнительный анализ результатов аналитических расчетов эффективных свойств композитов на основе теории метода включений с результатами прямого конечно-элементного моделирования на основе рассмотрения ячейки периодичности с характерными граничными условиями и известными литературными и предоставленными производственными данными.

Разработаны новые виды трехмерных переплетений, обеспечивающие толщину ткани до 7 мм, затем реализованные на имеющемся полуавтоматическом ткацком станке в виде опытных образцов тканей. На основе полученных объёмных тканых структур изготовлены образцы полимерных композиционных материалов с эпоксидной смолой в качестве связующего. Проведены теоретические исследования эффективных механических свойств полученных композитов, показано влияние параметров ткачества на геометрические характеристики ткани и значения эффективных модулей упругости. Полученные образцы композитов исследованы экспериментально на растяжение-сжатие вдоль нитей основы и утка. Сравнительный анализ модулей Юнга в базовых направлениях показал хорошее соответствие теоретических результатов, полученных с помощью разработанных математических моделей изучаемых композитов на мезо-уровне, и результатов испытаний образцов на простейшие напряженные состояния.

Были также разработаны конечно-элементные модели и проведены расчеты жесткости элементарных механических конструкций на простейшие виды сопротивления и конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния полноразмерного прототипа корпуса доски для серфинга (джетсерфа) из композиционного материала на основе трехмерной тканой структуры с угловым межслойным переплетением.