

## РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу магистра

«Разработка модели композитного материала для лопасти беспилотного летательного аппарата»

выполненную обучающимся гр. 5040103/00101

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Петровым Рихардом Игоревичем

**Актуальность:** Квалификационная работа Петрова Р.И. посвящена построению математической модели композиционного материала лопасти толкающего винта беспилотного летательного аппарата. Данная тема весьма актуальна, так как композитные материалы широко применяются в промышленности. Основным преимуществом работы является проведение валидации модели материалов при условиях трехточечного изгиба по стандарту ASTM D790.

**Характеристика работы:** Работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Во введении дается описание актуальности исследования и приводится описание актуальных численных методов гомогенизации композитных материалов.

Первая глава посвящена описанию основных понятий и актуальных подходов, применяющихся для гомогенизации композитных материалов. Представлены как аналитические методы, так и приведен обзор программных пакетов, позволяющих проводить численные расчеты.

Вторая глава посвящена постановке и актуальности задачи. Представлены входные данные, структура композитного материала.

В третьей главе приводятся результаты численной гомогенизации для эффективных свойств матрицы и последующего добавления углеродных нановолокон. В результатах учтены различные концентрации глобулярного углерода и волокон.

Четвертая глава посвящена процессу проведения тестов по стандарту ASTM D790. Детально освещен весь процесс проведения испытаний, начиная от производства образцов на изгиб и заканчивая сводными результатами для напряжений и деформаций.

В последней, пятой главе были использованы данные, полученные на предыдущем шаге, которые были применены для уточнения конечно-элементной модели лопасти. В рамках работы была решена нетривиальная задача по сканированию и реверсивному инжинирингу детали в полноценную конечно-элементную модель. Выводы работы полностью соответствуют содержанию выпускной квалификационной работы

**Замечания:** По работе есть ряд вопросов и замечаний:

1. Название работы слишком обширно по сравнению с приведенными в работе результатами. Был рассмотрен лишь один класс композиционных материалов, в то время как целые области (плетеные, слоистые композиты) не были рассмотрены.

2. В работе рассматривается проведение валидационных экспериментов для трех выборок эпоксидной смолы с добавлением глобулярного углерода. Почему не были проведены тесты для разных концентраций глобулярного углерода, образцов с добавлением углеродных нановолокон, о которых говорилось в конечно-элементном решении?

3. Расчеты лопастей в работе проводятся исключительно в упругой постановке, которая недостаточно описывает поведение лопатки в рамках эксплуатации.

**Заключение:** Несмотря на замечания, выпускная квалификационная работа Петрова Р.И. по теме «Разработка модели композитного материала для лопасти беспилотного летательного аппарата» соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам, и заслуживает оценки «отлично».

Рецензент

 А.А. Коростелкин

Глава департамента компьютерного моделирования

08.06.2022

ООО «Центр Технологического Консалтинга»  
(ООО «ЦТК»)