



Акционерное общество «КОМПОЗИТ»

Пионерская ул., д. 4, г. Королёв, Московская область,
Россия, 141070

Телеграф БЕРЕЗА

тел. (495) 513-20-28, 513-23-29
канцелярия 513-22-56, факс (495) 516-06-17
e-mail: info@kompozit-mv.ru

ОКПО 56897835, ОГРН 1025002043813, ИНН / КПП 5018078448 / 501801001

31.08.2023 исх. № 02-821

на № _____ от _____

И.О. проректора по научной работе,
д.т.н., профессору
Ю.А. Равиковичу

125993, г. Москва, МАИ, д. 4

Уважаемый Юрий Александрович!

В ответ на Ваше письмо от 12.05.2023 № 010/1705-1 высылаю Вам отзыв ведущей организации акционерного общества «Композит» на диссертационную работу Сборщикова Сергея Васильевича на тему «Моделирование циклического деформирования упруго-пластических композиционных материалов на основе метода асимптотического осреднения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. «Механика деформируемого твердого тела».

Приложения:

Отзыв – на 5 л. 2 экз.

Заместитель генерального директора

И.А. Тимофеев

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«05» 09 2023.



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора
АО «Композит», канд. техн. наук.

И.А. Тимофеев

«14» августа 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации акционерного общества «Композит»
на диссертационную работу Сборщикова Сергея Васильевича
на тему «Моделирование циклического деформирования упруго-пластических
композиционных материалов на основе метода асимптотического осреднения»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.8. «Механика деформируемого твердого тела»

Актуальность темы не вызывает сомнений. Производство конструкций из композиционных материалов с металлической матрицей, проявляющих упруго-пластические свойства, представляет сегодня значительный интерес в связи с более высокими значениями временного сопротивления и предела выносливости, модуля упругости, коэффициента жесткости и пониженной склонностью к трещинообразованию, а армирование тугоплавкими волокнами значительно повышает жаропрочность. Пластическая деформация матрицы у волокнистых композитов обеспечивает равномерное нагружение высокопрочных волокон при деформации материала, что позволяет полностью реализовать их высокую прочность. Композиционные материалы с металлической матрицей находят применение при производстве изделий авиационной, ракетной и космической техники. Проявляющиеся анизотропные упруго-пластические свойства таких композиционных материалов зачастую требуют решения связанных задач микро- и макро-пластичности для исследования напряженно-деформированного состояния конструкций из них, что значительно усложняет процесс решения. В представленной диссертационной работе предложен новый метод построения определяющих соотношений задач механики деформирования твердого тела для анизотропных упруго-пластических композитов при циклическом нагружении,

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«05» 09 2023.

допускающий аналитическое представление, не требующий решения связанных задач микро- и макро-пластичности.

Научная новизна диссертационной работы сводится к следующим основным положениям:

1. В работе предложен вариант метода асимптотического осреднения упруго-пластических композиционных материалов при циклических нагружениях на основе деформационной теории пластичности А.А. Ильюшина – В.В. Москвитина.
2. Для композиционных материалов с произвольной периодической микроструктурой разработана методика построения аналитических представлений эффективных определяющих соотношений деформационной теории анизотропной пластичности при циклических нагружениях на основе численного конечно-элементного решения серии локальных задач на ячейках периодичности.
3. С помощью разработанной методики построены новые определяющие соотношения задач механики деформирования твердого тела для трансверсально-изотропных и ортотропных композитов.

Достоверность результатов исследования базируется на использовании теоретически обоснованного математического аппарата. Адекватность ряда результатов в работе проверяется посредством сравнения результатов численного моделирования с результатами решения с использованием сторонних программных комплексов.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы. Работа изложена на 155 страницах, включает 58 иллюстраций и 4 таблицы. Список литературы состоит из 157 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы, отражены цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, их достоверность, перечислены основные положения, выносимые на защиту, представлен обзор литературы по теме работы, описана структура диссертационной работы.

Первая глава посвящена моделированию свойств упруго-пластических композиционных материалов при циклическом нагружении с помощью предложенного варианта метода асимптотического осреднения. Ставится задача деформационной пластичности для неоднородных сред при циклических нагружениях, выводятся уравнения для локальных задач на ячейке периодичности и представлен численный алгоритм решения локальных задач с помощью метода конечных элементов.

Проведено тестирование алгоритмов на примере тканевых композиционных материалов и приведены примеры численного решения локальных задач и диаграмм деформирования для двух типов армирования упруго-пластических композитов: однонаправленно-армированных и тканевых.

Вторая глава диссертации посвящена разработке методики построения микроструктурных определяющих соотношений деформационной теории пластичности композиционных материалов при циклических нагружениях. Выведены спектральные представления квазилинейных тензорных функций, с помощью которых получено спектральное представление определяющих соотношений для трансверсально-изотропных и ортотропных упруго-пластических сред, и разработаны методики определения констант моделей.

Проведены серии расчетов по определению констант модели трансверсально-изотропного упруго-пластического однонаправленно-армированного композита и ортотропного упруго-пластического тканевого композита при прямом и циклическом нагружениях. Расчеты верифицированы на путях нагружения, не входящих в базу для определения констант модели.

Третья глава посвящена разработке методики решения двух-масштабных задач деформационной теории пластичности для конструкций из композитов при циклическом нагружении. Представлен алгоритм конечно-элементного решения осредненной задачи для циклического упруго-пластического деформирования. Рассмотрена задача о 4-х точечном изгибе балки из композиционного упруго-пластического материала при циклическом нагружении.

Приводятся результаты моделирования полей макро-перемещений, макро-напряжений, а также циклическая диаграмма деформирования балки. Далее

демонстрируются результаты моделирования полей микро-напряжений в упруго-пластической балке.

В заключении диссертационной работы кратко отражены основные результаты работы.

По диссертационной работе и автореферату Сборщикова С.В. можно сделать ряд **замечаний**:

1. Из текста диссертации неясно, как в разработанной методике построения определяющих соотношений анизотропных упруго-пластических композиционных материалов при циклическом нагружении учитываются кромочные эффекты, например, эффект перерезывания нитей.
2. Понимание работы осложняет отсутствие в явном виде сформулированной многоуровневой модели композиционного материала, например, как именно реализована взаимосвязь характеристик компонентов материала на различных уровнях моделирования.
3. Из текста диссертации неясно, каким способом учтена несплошность границы раздела между компонентами композиционного материала. Например, в случае углерод-углеродных композиционных материалов работоспособность при воздействии экстремальных нагрузок во многом определяется именно наличием отслоений в области границы раздела их компонентов.
4. В тексте диссертации, а именно во введении, в котором изложен обзор литературы по теме работы, отсутствует анализ подходов ряда ученых, работы которых посвящены исследованиям в области свойств композиционных материалов, например, Малмейстер А.К., Тамуж В.П., Тетерс Г.А., Лагздынь А.Ж., Скудра А.М., Булавс Ф.Я., Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н., Горбачев В.И., Лурье С.А. Это обстоятельство существенно снижает ценность обзора, делая его неполным.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку работы. Диссертацию следует признать законченным научным исследованием, которое выполнено на высоком научном уровне и посвящено решению актуальной проблемы.

Автореферат и публикации соискателя с достаточной полнотой и правильностью отражают содержание диссертации.

Диссертация Сборщикова Сергея Васильевича соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Сборщиков Сергей Васильевич, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. «Механика деформируемого твердого тела».

Отзыв ведущей организации диссертационной работы Сборщикова С.В. рассмотрен и одобрен на заседании № 8 Подсекции комплекса «Неметаллические материалы» Научно-технического Совета АО «Композит», присутствовало 8 человек, протокол № 17-2 от «14» 08 2023 г.

Отзыв подготовили:

начальник научно-исследовательского отделения по разработке, производству и исследованию свойств композиционных материалов на основе стеклоугленаполнителей, канд. техн. наук

 С.В. Тащилов

начальник научно-исследовательского отдела по разработке и производству композиционных материалов на основе стеклоугленаполнителей, канд. техн. наук

 И.В. Магнитский

Подпись канд. техн. наук Тащилова С.В. и канд. техн. наук Магнитского И.В. заверяю

секретарь Подсекции комплекса «Неметаллические материалы» Научно-технического Совета АО «Композит», канд. физ.-мат. наук

 Е.С. Сергеева

Наименование организации: Акционерное общество «Композит» (АО «Композит»).

Адрес: 141070, Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д. 4.

e-mail: info@kompozit-mv.ru

Тел.: (495)513-23-51, **факс:** 8(495)516-06-17

Сайт: <http://kompozit-mv.ru>

С отзывом ознакомлен

05.09.2023г.