

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
АО «Композит», кандидат физико-
математических наук


« 5 »  А.А. Дворецкий
2021

ОТЗЫВ

ведущей организации АО «Композит» на диссертационную работу
Кольжановой Дарьи Юрьевны «Моделирование конечных упругих
деформаций слоистых композиционных материалов на основе метода
асимптотического осреднения», представленной на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

Актуальность темы. В представленной диссертационной работе рассматриваются вопросы моделирования конечных упругих деформаций слоистых композитов на основе метода асимптотического осреднения. Для промышленности значительный интерес представляют композиты, состоящие из резиноподобных и эластомерных матриц, способные выдерживать большие деформации. Для расчета прочности таких композитов в зависимости от их микроструктуры необходимы методики, позволяющие связать эффективные механические характеристики – диаграммы деформирования в области больших деформаций с нелинейно-упругими характеристиками отдельных фаз композита. Для малых деформаций существует достаточно много методов решения этой задачи, однако для композитов с конечными деформациями большинство из них неприменимы в силу нелинейности задачи. Наиболее перспективным методом для расчета эффективных диаграмм деформирования является метод асимптотического осреднения.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

« 14 » 09 2021 г.

Научная новизна работы диссертационной работы заключается в следующем:

– разработан вариант метода асимптотического осреднения слоистых композитов при конечных деформациях, с использованием универсального представления определяющих соотношений для комплекса различных моделей сжимаемых и несжимаемых сред;

– разработан алгоритм численного решения задач на ячейке периодичности для слоистых композитов с конечными деформациями и с использованием комплекса различных универсальных моделей, для сжимаемых и несжимаемых сред;

– предложена методика построения эффективных определяющих соотношений для трансверсально-изотропных сжимаемых и несжимаемых композитов с конечными деформациями на основе аналитической аппроксимации серий численного решения локальных задач;

– решена задача о цилиндрическом изгибе слоистой композитной пластины.

Практическая значимость диссертационного исследования состоит в возможности использования разработанных методов при проектировании эластомерных композитов с заданными свойствами, а также позволяют провести моделирование одновременно для комплекса различных нелинейно-упругих моделей сред, отличающихся выбором пары энергетических тензоров.

Степень обоснованности и достоверности научных положений диссертационной работы определяется корректностью постановки задач, строгостью применяемых математических методов, основанных на известных уравнениях механики деформируемого твердого тела и методов математической физики.

Публикации и апробация работы. Основные положения диссертационной работы полностью отражены в 7 научных публикациях автора, 3 из которых – в журналах из перечня ВАК РФ, 2 статьи – в журнале,

индексируемом в Scopus. Апробация результатов диссертационной работы произведена на различных международных научных конференциях, а также на семинарах кафедры вычислительной математики и математической физики МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Структура и содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа изложена на 160 листах, состоит из введения, четырех разделов, выводов и списка литературы из 123 наименований.

Во введении обосновывается актуальность темы, проводится обзор состояния проблемы исследования, формулируется цель и задачи работы, указываются данные о достоверности результаты работы, научная новизна и положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрена разработка математических моделей слоистых композитов с периодической структурой и конечными деформациями. Предложены результаты разработки модели деформирования сжимаемых и несжимаемых слоистых композитов с конечными деформациями по характеристикам отдельных слоев. Предложен вариант метода асимптотического осреднения для слоистых нелинейно-упругих композитов, имеющих периодическую структуру. Несжимаемыми средами с конечными деформациями являются практически все резиноподобные материалы. Доказано, что, если все слои композита являются несжимаемыми, то композит в целом также является несжимаемой, но анизотропной средой. Для эффективного тензора истинных напряжений Коши для сжимаемых и несжимаемых композитов получено представление определяющих соотношений.

Во второй главе рассмотрена разработка эффективных определяющих соотношений для сжимаемых трансверсально-изотропных композитов на основе разработанного в первой главе диссертационной работы варианта метода асимптотического осреднения. Предложен численно-аналитический алгоритм решения локальных задач на ячейке периодичности при различных вариантах задания осредненного градиента деформации. Для оценки

результатов, получаемых с помощью различных моделей, был проведен сравнительный анализ диаграмм деформирования при одноосном растяжении для дуотан-полиуретанового эластомера и бутадиен-нитрильного каучука, которые использовались в качестве слоев композита. Предложен приближенный метод, позволяющий решать локальные задачи на ячейке периодичности и макроскопическую задачу по отдельности. Проведены серии численного моделирования эффективных диаграмм деформирования слоистых сжимаемых композитов с конечными деформациями, демонстрирующие реализуемость предложенных методик построения эффективных определяющих соотношений для трансверсально-изотропных композитов.

В третьей главе рассмотрена разработка эффективных определяющих соотношений для несжимаемых трансверсально-изотропных композитов. Предложен численно-аналитический алгоритм решения локальных задач на ячейке периодичности с помощью которого построены диаграммы деформирования несжимаемого композита при одноосном нагружении. Предложена методика нахождения параметров модели трансверсально-изотропной несжимаемой среды, на основании которой был осуществлен поиск эффективных параметров модели слоистого композита, ячейка периодичности которого состояла из трех слоев.

В четвертой главе рассмотрена задача о цилиндрическом изгибе слоистой композиционной пластины, на которой продемонстрирована реализуемость предложенной методики расчета напряженно-деформированного состояния конструкций из слоистых композитов путем разделения осредненной задачи нелинейной теории упругости анизотропных сред и локальных задач на ячейке периодичности. Показано, что для относительно тонкой пластины распределение компоненты тензора напряжения Коши близко к линейному для всех моделей несжимаемых сред. Для толстой пластины распределение компоненты тензора напряжений Коши является нелинейным.

относительно тонкой пластины распределение компоненты тензора напряжения Коши близко к линейному для всех моделей несжимаемых сред. Для толстой пластины распределение компоненты тензора напряжений Коши является нелинейным.

В заключении приведены и обобщены результаты исследований диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе:

1. К недостаткам представленной работы относится отсутствие прямых сравнений полученных результатов с экспериментальными данными, а использованы сравнения с уже известными аналитическими результатами, что сужает область применения полученных в работе соотношений и результатов моделирования.

2. Не достаточно подробно описана практическая значимость результатов представленной работы с оценкой экономии вычислительных, экспериментальных и других ресурсов при проектировании элементов конструкций из композиционных материалов такого класса.

Сделанные замечания не имеют принципиального значения для оценки диссертационной работы. Диссертационная работа представляет собой законченное исследование, посвященное решению актуальной проблемы.

Автореферат соответствует основным положениям диссертационной работы и в полной мере отражает ее содержание.

В целом работу следует оценить положительно. Диссертационная работа Кольжановой Дарьи Юрьевны соответствует всем критериям «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Кольжанова Дарья Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Настоящий отзыв рассмотрен и утвержден подсекцией научно-технического совета комплекса «Неметаллические материалы» АО «Композит» протокол № 10-16-20 расширенного заседания подсекции научно-технического совета от 05 августа 2021 г.

Начальник отделения 0110, д.т.н.



Логачева А.И.

Начальник отделения 0220, к.т.н.



Тащилов С.В.

Начальник отдела 0222, к.ф.-м.н.



Вагин В.П.

С.н.с. отдела 0222, секретарь НТС, к.ф.-м.н.



Сергеева Е.С.

Адрес: 141070, Московская область, г. Королёв, Пионерская ул., д. 4
Тел.: +7 (495) 513-20-28, +7 (495) 513-23-29, факс: +7 (495) 516-06-17
e-mail: info@kompozit-mv.ru