

Отзыв официального оппонента

на диссертацию СОВЕТОВОЙ Юлии Валерьевны «Моделирование механического поведения стохастически армированных композитов с учетом накопления повреждений в условиях квазистатического нагружения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа Советовой Юлии Валерьевны «Моделирование механического поведения стохастически армированных композитов с учетом накопления повреждений в условиях квазистатического нагружения» посвящена численному исследованию механических свойств, деформации и повреждения композитов с полимерной матрицей. Углеродные композиционные материалы, полимерные композиты, армированные фрагментами высокомодульных волокон, нановолокнами, углеродными нанотрубками, объемными частицами графана находят все большее применение в технике. В этой связи возрастает интерес к прогнозированию не только упругих свойств наполненных композитов, но и закономерностей деформации, повреждения и разрушения.

За счет выбора компонентов материалов, технологий их производства, а также технологий получения готовых изделий из композитов можно в широких пределах управлять их механическими и функциональными свойствами. Именно эта особенность композитов обуславливает перспективность их использования в качестве конструкционных материалов. При моделировании процессов, протекающих в условиях увеличения нагрузки, широко применяются многоуровневые подходы. В соответствии с такими подходами материал рассматривается как многоуровневая иерархическая система, каждый уровень которой характеризуется собственными характерными размерами типичных элементов, в которых протекают некоторые физические процессы, отвечающие за формирование свойств материала на данном уровне. Свойства материала в целом подчиняются "кумулятивному эффекту" проявления свойств каждого иерархического (структурного) уровня.

Тематика исследований диссертационной работы Ю.В. Советовой, связанная с развитием многоуровневых (иерархических) представлений о строении материалов и о процессах деформации, эволюции структуры при повреждении и разрушении является, несомненно, актуальной.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 113 страницах машинописного текста, список литературы из 131 наименования.

Во введении изложена актуальность диссертационного исследования, указаны цели, основные задачи работы, ее новизна, практическая ценность, сформулированы полученные новые научные результаты, приведены сведения об апробации работы.

В первой главе приведен краткий обзор методов прогнозирования механического поведения конструкционных материалов, особое внимание уделяется вопросам влияния структуры на эффективные свойства, многоуровневым процессам накопления повреждения в условиях квазистатического нагружения.

Во второй главе изложена постановка задачи о нагружении иерархической структурированной среды в рамках многоуровневого подхода к описанию процессов деформирования и повреждения. Обсуждается многоуровневая модель композита, использующая для описания локальных свойств компонентов и материала на каждом рассматриваемом структурном уровне статистических характеристик некоторых локальных механических свойств и объемного распределения упрочняющих включений.

В третьей главе изложена численная методика определения эффективных свойств композита. Используемая в работе методика оценки размеров представительного мезообъема полидисперснонаполненной и монодисперснонаполненной структуры основана на предположении о наличии корреляционной связи между локальными свойствами и содержанием армирующих элементов в структуре материала. Вследствие хаотичности структуры армирования свойства композита на макроуровне представляют собой случайные функции координат. В качестве описания случайных величин использовано распределение Вейбулла.

Для оценки предельных значений механических характеристик, соответствующих условиям макроскопического разрушения композита, используются методы кластерного анализа. Показано, что нерегулярная кластерная решетка, образованная узлами, в которых рассчитывались локальные свойства композита, вполне пригодна для решения задачи макроскопического разрушения материала.

В четвертой главе содержатся результаты численных расчетов эффективных свойств стохастически армированных композитов на основе предложенной методики. Приведены результаты расчета упругих и прочностных свойств препрега AS4/8552 RC34 AW194 применяемого в элементах конструкций авиакосмического назначения. Показано хорошее согласие теоретического прогноза упругих и деформационных свойств моделируемого препрега с экспериментальными данными, что подтверждает применимость предложенной методики для прогнозов упругих и прочностных свойств композитов, создаваемых на основе препрега.

Предложенная в работе методика оценки прочности материалов использована для оценки влияния модуля упругости и предела прочности межфазного слоя на эффективные свойства композита.

Показано, что перколяционный критерий прочности при использовании на мезоуровне оказывается чувствительным к конфигурации элементов структуры материала относительно направления нагружения.

Проведено исследование влияния объемного соотношения компонентов волокнистого однонаправленного углепластика на его эффективные механические свойства. Установлено, что увеличение содержания волокон в диапазоне от 7 до 30 % приводит к росту предельной деформации, увеличение содержания волокон в диапазоне от 30 до 40 % не приводит к существенному изменению величины предельной деформации, увеличение доли армирующих элементов от 40 до 50 % сопровождается снижением величины предельной деформации.

В заключении диссертации сформулированы результаты работы и основные выводы по проведенному исследованию.

Научная новизна рассматриваемой диссертационной работы заключается в разработке нового подхода к определению предельных механических свойств композитов, основанного на иерархическом представлении к описанию процесса накопления повреждений. Реализованный перколяционный подход к определению условий макроскопического разрушения композита основан на результатах конечно-элементного исследования локальных свойств материала в условиях накопления повреждений.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности применения разработанных программных средств при решении задач прогнозирования эффективных упругих и прочностных свойств новых стохастически армированных композиционных материалов с полимерной матрицей, упрочненных высокомодульными прочными волокнами или их фрагментами

Обоснованность и достоверность результатов, полученных в работе, обеспечивается математической корректностью постановок задач и подтверждается сравнением результатов численного моделирования с известными теоретическими решениями и экспериментальными данными других авторов.

Автореферат диссертации оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями и правильно отражает основные положения диссертационной работы.

Выполненные исследования по оценке механических и прочностных свойств стохастически армированных композитов прошли апробацию на всероссийских и международных научных конференциях и известны специалистам. Результаты

диссертации опубликованы в 14 печатных работах, включая 2 статьи в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Диссертация не лишена недостатков:

1. Для компонент композита на микроуровне используется изотропный закон упругости (физические соотношения 3). К сожалению, в диссертационной работе не проверяется гипотеза об изотропии физико-механических свойств. Также в разделе 4.3 желательно было бы исследовать влияние геометрического расположения включений на анизотропию эффективных механических и прочностных свойств мезообъема.

2. В разделе 2.2. (стр. 26) следовало бы обосновать выбор локального значения модуля упругости компоненты $E^k = 0,1 E_0^k$.

3. Не совсем обоснован выбор распределения Вейбулла в качестве закона распределения случайных величин. Вероятно следовало бы рассмотреть другие законы распределения, кроме нормального закона, и оценить преимущества выбора распределения Вейбулла.

4. Не указан вид введенной в рассмотрение корреляционной функции R_C , достаточно обозначить лишь формулу (стр. 33). Также на рис.4 отсутствуют оцифровка координатных осей и единиц измерения.

5. Имеются замечания по оформлению диссертации. На рис. 1 и рис.2 поясняющие надписи оформлены на русском и английском языках. На рис. 3 (стр.30) отсутствуют единицы измерения на осях, которые позволят оценить масштаб рассматриваемых структур. На рис. 33 (стр. 87) отсутствуют подписи осей.

Замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы в целом. Диссертация представляет законченную научную квалификационную работу, в которой предложено решение задачи о прогнозировании механического поведения композиционного материала с учетом параметров структуры армирования и влияния на прочностные свойства процессов повреждений в компонентах материала. Результаты диссертации Ю.В. Советовой имеют существенное значение для специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Таким образом, диссертация «Моделирование механического поведения стохастически армированных композитов с учетом накопления повреждений в условиях квазистатического нагружения» по содержанию, объему выполненных исследований, новизне, научной и практической значимости результатов полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения научных степеней», утвержденного

Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842, к кандидатским диссертациям (П.9), а ее автор, Советова Юлия Валерьевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент

научный сотрудник лаборатории физических

основ прочности,

Федерального государственного

бюджетного учреждения науки

Институт механики сплошных сред

Уральского отделения

Российской академии наук

кандидат физико-математических наук,

614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д.1,

рабочий телефон: 8-(342)-237-84-61

E-mail: buv@icmm.ru

www.icmm.ru

«12» декабря 2014 г.

Баяндин Юрий Витальевич

Я, Баяндин Юрий Витальевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Советовой Юлии Валерьевны, и их дальнейшей обработкой.

Подпись кандидата физико-математических наук, научного сотрудника

Ю.В. Баяндина подтверждаю

Ученый секретарь ИМСС УрО РАН



Н.А. Юрлова