

«УТВЕРЖДАЮ»

Врио проректора по науке и инновациям
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»

О.Л. Шека

«04» апреля 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе Васильева Алексея Сергеевича «Математическое моделирование и численное исследование композитных материалов в области предельной прочности», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Актуальность для науки и практики

Актуальность темы диссертационной работы определяется распространённостью задач проектирования конструкций из композиционных материалов в современной строительной отрасли. Как во вновь создаваемых, так и в модернизируемых изделиях композиты становятся основными конструкционными материалами. Поэтому исследования композитных материалов в области предельной прочности и конструкций из этих материалов в области их предельных состояний являются весьма актуальными проблемами современной механики материалов и конструкций.

Как правило, материалы в составе композита обладают различными физико-механическими свойствами, что зачастую приводит к нелинейной зависимости между напряжениями и деформациями. Вследствие, чего получение аналитических решений краевых задач механики деформируемого твёрдого тела для объектов сложной геометрии из композиционных материалов в большинстве случаев затруднительно, поэтому решение

указанных задач получают с использованием численных методов. Наибольшей популярностью у исследователей пользуется метод конечных элементов при различных модификациях и приближениях матрицы жёсткости системы, которая позволяет учесть в той или иной мере механические свойства композиционных материалов, из которых выполнены конструкции, испытывающие различные виды нагрузок. В направлении развития этого подхода и выполнена диссертационная работа.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации Васильева А.С., обусловлена следующими факторами:

- корректным применением метода конечных элементов для решения нелинейных задач при исследовании напряжённо-деформируемого состояния конструкций из композиционных материалов;
- реализацией разработанной методики и математической модели с помощью алгоритмов и программного обеспечения, разработанного автором;
- логической взаимосвязью между поставленной целью, решаемыми задачами и полученными результатами.

Научные положения, выводы и рекомендации сформулированы на основании полученных результатов аналитических и численных исследований, которые были сопоставлены с результатами экспериментальными исследованиями и расчётами в различных известных программных продуктах и доказали свою достоверность.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается известными и проверенными численными методами решения линейных и нелинейных задач, их сопоставлением с экспериментальными исследованиями и

расчётами в различных программных продуктах, выполненных как самим автором, так и другими исследователями.

Обоснованность научных исследований подтверждается результатами решения задач методом конечных элементов, примерами и сопоставлением. Принятые модели решения задач имеют допустимую погрешность.

Новизна полученных результатов характеризуется следующими основными положениями:

1) предложена матрица жёсткости, позволяющая учесть нелинейную зависимость между напряжениями и деформациями в области предельного расчётного сопротивления;

2) проверена идея определения механических характеристик композита при вычислении матрицы жёсткости его элемента, моделируемого как многокомпонентный гетерогенный материала со структурой типа статистической механической смеси.

3) предложена итерационная процедура для пересчёта механических свойств композиционного материала;

4) разработана и проверена методика численного исследования напряжённо-деформированного состояния конструкций из композитных материалов, учитывающая механические свойства материалов, составляющий композит.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Следует выделить такие научно-практические результаты, как:

- новую функциональную зависимость модуля упругости 1 рода в области предельной расчётной прочности для композиционных материалов;
- новый вид матрицы жесткости композитного элемента, позволяющего учесть его нелинейные механические свойства;
- численные процедуры, алгоритмы и программы, реализующие предложенные зависимости в краевых задачах механики деформируемого твёрдого тела на основе метода конечных элементов;

- способ проверки состоятельности предложенных соискателем новых функциональных зависимостей методом сравнения результатов собственных расчётов с экспериментальными исследованиями, расчётами других авторов и расчётами в других программных продуктах.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

В диссертационной работе сформулированы рекомендации по применению результатов работы для расчетов конструкций из композитных материалов.

Результаты исследований, а также разработанные и зарегистрированные в Роспатенте программы для ЭВМ, представляют не только научный, но и практический интерес и могут быть использованы в организациях, занимающихся проектированием и расчётом конструкций из композитных материалов

Общие замечания

К работе имеются следующие основные замечания.

1) Задача по анализу и систематизации моделей механики композитов и конструкций, выполненных из них, в предразрушающей области сложна и является по существу темой отдельного исследования. Представленный автором аналитический обзор фактически посвящён обзору классических методов расчёта конструкций с использованием различных критериев прочности. Перечень литературы при выполнении заявленного аналитического обзора очень краток, приводятся ссылки на литературные источники в основном конца восьмидесятых годов прошлого века. В части композиционных материалов обзор также ограничен и посвящён в основном железобетону.

2) При комбинировании механических характеристик материалов (стр. 66 – 67) автор использует стандартный подход, применяемый при расчёте физико-механических характеристик для гетерогенных сред со

структурой типа статистических механических смесей с изотропными составляющими, который приводит к формулам гармонического и арифметического средневзвешенных. Однако в данном подходе обычно рассматриваются массы, а не объёмы входящих в композит материалов, что позволяет учесть их плотность. Автором в формулах (3.47) и (3.48) предложено использование объёмов, следовало бы проверить, как коррелирует данный подход с традиционным. Понятно, что перейти к массам технически просто.

3) При тестировании предложенной методики автором допускаются некорректная интерпретация некоторых результатов, например, при расчёте изгиба шарнирно-опёртой балки под действием вертикальной нагрузки приложенной посередине балки (стр. 98 – 103) приводится эпюра напряжений в поперечном сечении в середине пролёта балки. Представляется разумным рассматривать сечения на некотором расстоянии от места приложения нагрузки. Сами рисунки 5.8 и 5.9 и им подобные сложно называть эпюрой, это скорее кривые напряжений, тоже, кстати, непонятно каких? Если нормальных, тогда в направлении какой оси, то же – если касательных?

4) К сожалению, в тексте диссертационной работы и автореферата регулярно встречаются опечатки в формулах, некорректные формулировки, которые затрудняют чтение работы, например: расчётное сопротивление R_b называется прочностью; нагрузка измеряется в тоннах (стр. 94 – 99); на рисунках 5.3 и 5.12 некорректно отражено шарнирное опирание швеллера (в двух и четырёх точках, соответственно); в блок-схеме на рисунке 4.3 на двух предпоследних ступеньках V_2 в знаменателе, вместо V и т.п.

Заключение

Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные решения линейных и физически нелинейных задач исследования композитных материалов в области предельной прочности и расчёта

конструкций из этих материалов. Результаты исследований, полученные в данной диссертации, имеют практическое значение. Выводы и рекомендации, приведенные в данной работе, обоснованы. В автореферате и публикациях соискателя в полной мере отражено содержание диссертации, а так же наиболее существенные положения, выводы и рекомендации.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам паспорта специальности: разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений; разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий; реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента; комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Диссертация отвечает требованиям положения ВАК о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Васильев Алексей Сергеевич заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на расширенном заседании кафедры «Механики и математического моделирования» Инженерной школы ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», протокол от 31.03.2016 № 7.

Заведующий кафедрой МиММ,
к.ф.-м.н.

Профессор кафедры МиММ,
к.ф.-м.н.

Профессор кафедры МиММ,
к.т.н.

Бочарова Анна Альбертовна

Любимова Ольга Николаевна

Цуприк Владимир Григорьевич