

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ю.А. Реутова «Прогнозирование свойств полимерных композиционных материалов и оценка надёжности изделий из них», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа Ю.А. Реутова посвящена разработке и реализации процедур направленных на предсказание значений деформационно-прочностных и теплофизических характеристик, проектируемых полимерных композиционных материалов, а также расчёта показателя безотказности - вероятности безотказной работы изделий, выполненных из указанных материалов.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературных источников (всего 121 наименование). Общий объём работы составляет 122 стр. и включает 56 рис. и 17 табл., библиографию.

Во введении автором обоснована актуальность исследуемой проблемы, сформулированы цели и задачи исследования, отражены теоретическая и практическая значимость работы, степень её разработанности и научной новизны, методология и методы диссертационного исследования, представлены положения, выносимые на защиту, показана достоверность основных положений, выводов и рекомендаций.

В первом разделе дан краткий обзор исследований, посвященных подходам и методам компьютерного моделирования полимерных композиционных материалов и определения их прочностных и теплофизических свойств, а также расчёта показателя безотказности - вероятности безотказной работы изделий, выполненных из указанных материалов. В целом глава носит обзорный характер и не содержит оригинальных результатов.

Второй раздел посвящен изложению некоторых известных аналитических и численных методов решения краевых задач теории упругости и стационарной задачи теплопроводности. Рассматривается модель, носящая в литературе название «нагрузка-прочность» и применяемая для расчёта вероятности безотказной работы (ВБР) изделия без учёта временного фактора в предположении о независимости случайных величин и их описании нормальным законом распределения. Автор предлагает использовать данную модель для расчёта вероятности безотказной работы изделий, выполненных из полимерных композиционных материалов .

В третьем разделе излагается методика определения значений эффективных деформационно-прочностных характеристик полимерных композиционных материалов на основе модели структурно неоднородной среды. Автором предлагается и обосновывается выбор модели двух- и трёхмерного представительного элемента, формулируются краевые задачи.

С использованием двух программных комплексов выполняется численный расчёт эффективных характеристик (модуль упругости, предел прочности) для

ряда конкретных композиций при различной степени заполнения. Показано удовлетворительное совпадение результатов, полученных по различным моделям. С использованием статистических данных натурального и численного экспериментов получена важная вероятностная характеристика – плотность распределения модуля упругости и плотность распределения предела прочности. Утверждается, что между плотностями распределения полученными на основе экспериментальных данных и данных численного эксперимента наблюдается хорошее совпадение.

Для пористых полимерных композитов сформулирована задача определения эффективной характеристики-коэффициента теплопроводности.

Выбираются несколько видов представительных объёмов при различном расположении включений как двух, так и трёхмерных и с использованием двух программных комплексов выполняются расчёты по определению величины искомой характеристики в зависимости от степени наполнения. Показано удовлетворительное совпадение результатов полученных с использованием различных моделей.

Четвёртый раздел посвящен применению модели «нагрузка-прочность» для расчёта вероятности безотказной работы изделий, выполненных из полимерных композиционных материалов. В качестве изделий были выбраны одно-, двух- и трехслойные трубы, находящиеся под действием внутреннего давления и температуры, заданной на внешней и внутренней поверхности трубы. Предполагалась зависимость модуля упругости и предела прочности от температуры. За условие отказа принималось условие превышения величиной эквивалентного напряжения величины предела прочности. Выполнены численные эксперименты по оценке вероятности безотказной работы, проведён их анализ.

Для сложной конструкции (крыльчатки вентилятора) с применением предложенной методики смоделировано поле вероятности безотказной работы. Расчёты проводились при различных значениях температуры внешней среды с использованием нелинейной модели упругой среды при двух типах условий отказа- по предельным напряжениям и деформациям.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертации.

По диссертационной работе следует сделать следующие выводы.

Актуальность работы не вызывает сомнений. Композиты давно и успешно используются в различных областях современной промышленности. Это огромный класс разнообразных по физико-механическим и химическим свойствам материалов. Создание новых композитов и их применение в промышленности требует достоверной информации о физико-механических свойствах, что в свою очередь вызывает необходимость разработки методов получения этой информации.

Научная новизна работы состоит в

- Разработанной методике численного определения важных физико-механических свойств композитов с использованием предложенных видов представительного объёма в двух и трехмерной постановках;
- Выполненном анализе влияния степени заполнения на эффективные характеристики полимерных композиционных материалов;
- Предложенной методике оценки вероятности безотказной работы изделий, выполненных из дисперсно-наполненных и вспененных полимерных композиций с учётом прогнозируемых физико-механических свойств.

Достоверность и обоснованность результатов основана на применении математических методов исследования, подтверждается хорошим совпадением результатов расчётов с известными аналитическими решениями, экспериментальными данными и численными решениями полученными с использованием существующих методов.

Практическая значимость работы заключается в

- возможности применения предложенных методик при разработке композиций с требуемыми свойствами;
- в использование полученных результатов в учебном процессе при подготовке специалистов в области механики деформируемого тела.

Основные результаты работы опубликованы в 25 работах, 2 из которых в журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий рекомендуемых ВАК. Автор получил 3 патента РФ.

Автореферат написан грамотно и даёт возможность получить представление о выполненном автором исследовании и полученных результатах.

По результатам изучения диссертации и автореферата считаю необходимым сделать следующие замечания.

1.В диссертационной работе и автореферате имеется значимое число неточностей, в том числе:

- в автореферате и диссертации части работы называются по-разному (раздел, глава);
- имеются неточности и ошибки при написании формул, например, в формулах (1.3), (1.14), (2.2), (2.20), , в обозначениях векторов (стр. 23. 24), в формуле (3.3) пропущены индексы;
- в формуле (1.14) величина R не зависит от времени,
- на рис.(4.3) отсутствуют номера кривых, на рис.4.14 две координатные оси обозначены одинаково,
- на стр.97 неправильно указана ссылка на рис.4.13 для зависимости модуля упругости ПЭ 100 от температуры.
- используются некорректные выражения и утверждения, например, на стр.40 «матрица жесткости для элемента является объемным интегралом», в п. 2.5.2

(стр.51) утверждается, что поля вероятности безотказной работы строятся с учётом времени эксплуатации- хотя в работе фактор времени не учитывается

2. Используемая терминология в области надёжности не полностью соответствует ГОСТ 27.002-2009 Надёжность в технике. Термины и определения. В последнем термин «Надёжность» используется только для общего неколичественного описания. Понятие функции надёжности в стандарте отсутствует.

3. Излишним является дословное использование материалов из известных литературных источников - например, на стр.23-25 практически полностью приведены сведения из монографии В.В.Болотина. Значительное место занимает изложение известных сведений по МКЭ, аналитическому решению задачи Ламэ. В п.2.5.1 приведено подробное описание тензометра. В работе данные сведения нигде не используются.

4. В п. 2.5.2 (стр.51) говорится о предлагаемом способе построения полей ВБР, но описание способа отсутствует.

5. В выводах на стр.55 автор говорит о тестировании программ расчета, но никаких сведений об условиях тестирования не приводит. Практически полностью отсутствуют сведения о параметрах конечно-элементного решения (типы элементов, количество узлов и т.д.). Утверждается, что процесс решения обладает внутренней сходимостью, но конкретные данные подтверждающие данное утверждение, не приводятся.

6. Не обоснованы два положения. Во-первых, возможность применения модели «нагрузка-прочность» для решения сформулированных задач в предположении о независимости и нормальном распределении случайных величин. Утверждение о том, что это наиболее часто используемая модель, не может являться обоснованием для её корректного использования в данной конкретной задаче. Во-вторых, учёт температурных эффектов требует решения краевой задачи термоупругости в несвязанной постановке, а не упругости как предлагается в п.2.1.

7. На рис. (3.6), (3.9), (3.10), (3.15), (3.16) представлены функции плотности распределения случайных величин, полученные по результатам натурных и численных экспериментов. Автор, во-первых, не приводит результаты численных и натурных экспериментов, а во-вторых, не объясняет каким образом по конечной выборке получены гладкие кривые. Решались ли задачи сглаживания статистических рядов, проверки правдоподобия выдвинутых гипотез о виде распределения и т.д.?

8. Отметим, что если на рисунках (3.6), (3.9), (3.10), (3.15), (3.16) представлены функции плотности распределения, то указанная по оси ординат величина «вероятность» является ошибочной. По данной оси необходимо откладывать величину плотности распределения, являющуюся размерной величиной. Очевидно, что не выполняется условие нормировки величины площади под кривой.

9. На рис. (3.5), (3.7), (3.8), (3.13), (3.14) приведены экспериментальные точки. Автор не раскрывает информации о их получении (самостоятельные

эксперименты, литературные источники), вследствие чего возникает вопрос о их достоверности. Не указано (стр.86) откуда получена величина среднего квадратического отклонения для предела текучести.

10. Утверждение на стр.87 и некоторых других о том, ВБР равна 1 представляется ошибочным. Тем более, что в таб.4.1 ВБР меньше 1. Подобные утверждения встречаются неоднократно. Представление результатов расчетов ВБР в виде рисунков 4.11, 4.16 и отсутствие табличных данных вызывает недоумение т.к. не позволяет получить значения ВБР при вероятностях близких к единице.

11. Приведённый пример построения поля вероятности безотказной работы интересен, но выбран неудачно т.к. наличие сильного концентратора заранее локализирует опасную область и не требует построения поля для всей области. Как уже отмечалось ранее в п.10 значение ВБР равное 1 не может быть получено по модели «нагрузка-прочность».

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, значимости полученных теоретических и практических результатов в целом.

Диссертация Реутова Юрия Анатольевича «Прогнозирование свойств полимерных композиционных материалов и оценка надёжности изделий из них» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для механики деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции 21.04.2016 г.).

Автор работы Реутов Юрий Анатольевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент

Профессор кафедры Теоретической, компьютерной и экспериментальной механики Института информационных технологий, математики и механики государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского», профессор, д.ф.-м.н. (01.02.04 - Механика деформируемого твердого тела)

Любимов Александр Константинович

603950, Н.Новгород, пр. Гагарина, 23, кор.2, к.121

e-mail:ljubimov@mm.unn.ru, т. (831) 4623329

30.12.2016.

