

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н. Аношкина Александра Николаевича на диссертационную работу Абдуллина Марата Равильевича "Статистическое обоснование прочностных характеристик композиционных материалов", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 - "Механика деформируемого твердого тела"

Диссертационная работа Абдуллина М.Р. посвящена статистическому анализу и обоснованию прочностных характеристик авиационных материалов, используемых для расчета и контроля качества изготовления конструкций.

Актуальность темы исследования.

В настоящее время композиционные материалы широко используются в авиационной и ракетной технике. В конструкциях самолетов Boeing 787 и Airbus A350 композиционные материалы составляют порядка 50% по массе. Быстрыми темпами увеличивается объем использования композиционных материалов в авиационных газотурбинных двигательных установках. Можно сказать, что именно композиционные материалы во многом будут определять облик и основные параметры перспективных летательных аппаратов. В российских самолетах и вертолетах последнего поколения (Ту-204, Ту-334, Ил-96, Ил-114, Ка-50, Ан-70, Ан-148, RRJ-95 и др.) при изготовлении ряда агрегатов, обтекателей и корпусных конструкций также используются композиционные материалы. Для проектирования новых образцов российской авиационной техники с применением композитов в основных силовых элементах конструкции актуальной задачей является получение достоверных механических свойств композиционных материалов с учетом особенностей технологии изготовления в условиях серийного производства. В этом случае, практически, единственным методом, позволяющим учесть совокупность факторов, влияющих на свойства композиционного материала, реализуемые в серийно изготавливаемых конструкциях, является статистическая обработка результатов испытаний образцов-свидетелей. При

этом возникает проблема корректной статистической обработки результатов испытаний этих образцов-свидетелей с учетом возможных различий деталей и агрегатов в виде схемы армирования, толщины и т.п. и определения в результате испытаний обоснованных оценок механических свойств композиционных материалов, которые можно использовать для контроля и проектирования новых конструкций. Тема диссертационной работы, посвященная, в основной её части, решению этой проблемы является чрезвычайно актуальной.

Диссертационная работа имеет объем 90 страниц, состоит из введения, трех глав, выводов, списка использованных источников на 73 наименования.

В первой главе диссертационной работы проанализирован большой объем экспериментальных данных по испытаниям образцов-свидетелей, изготовленных из полимерных композиционных материалов, применяемых в деталях авиационных агрегатов самолетов Ту-204, Ту-334. В процессе проведения исследований была создана база данных для хранения результатов испытаний образцов-свидетелей. По известной методике статистического анализа результатов испытаний по выборкам различной совокупности создана программа статистической обработки, встроенная в базу данных, позволяющая определять базисные значения прочностных характеристик композиционных материалов для последующего использования на этапах контроля технологического процесса серийного изготовления, либо проектирования новых деталей из композиционных материалов. Следует отметить, что для тех случаях, когда наблюдается значительный разброс результатов испытаний от партии к партии, что характерно на этапе отработки технологии композиционных материалов в серийном производстве, в диссертации разработан специальный метод дисперсионного анализа ANOVA. В завершение главы проведена статистическая обработка и анализ выборок по результатам испытаний более 1000 образцов и получено значение обобщенного параметра формы кривой распределения Вейбулла, равное 10, для различных вариантов укладок

композиционных материалов. Интересно отметить, что на примере одной укладки на выборке из 1820 образцов показано уменьшение разброса и повышение базового значения предела прочности для типичного пакета композиционного материала по мере увеличения объемов производства и количества выпущенных агрегатов.

Во второй главе проведено исследование влияния дефектности на деформационные характеристики поликристаллических материалов. При выводе соотношений, связывающих распределение дефектов и деформационные свойства, использовалось ряд допущений, известных в литературе: существование одной системы скольжения, однородность поля напряжений и т.п. С использованием полученных соотношений и результатов известных экспериментальных исследований рассчитаны напряжения потери устойчивости пластического деформирования титанового сплава ВТ-5 для различной остаточной деформации и размеров дефектов. При оценке прочностных свойств образцов из материала ВТ-5 в зависимости от распределения размеров дефектов при различной остаточной деформации были применены статистические методики.

В третьей главе разработан алгоритм и программа для расчета и анализа параметров трещиностойкости металлических материалов, полученных с помощью испытаний на образцах различного типа. Проанализированы результаты испытаний на статическую трещиностойкость материалов АКбчТ1 (штамповка) и ВТбч (плита). Построены вероятностные кривые, показана хорошая сходимость экспериментальных данных с одним из стандартных законов распределения. Разработан алгоритм статистической обработки результатов испытаний на циклическую трещиностойкость, приведены результаты расчета параметров нескольких соотношений, описывающих скорость роста трещин при циклической нагрузке.

Научная новизна

1) Разработан алгоритм и программный комплекс для статистического анализа на выборках различной совокупности результатов испытаний

образцов-свидетелей, полученных при серийном изготовлении деталей из полимерных композиционных материалов авиационных агрегатов самолетов Ту-204, Ту-334. В том числе, разработана статистически обоснованная методика определения базисных значений прочностных характеристик композиционных материалов для последующего использования при контроле технологического процесса серийного производства, либо проектировании новых деталей из композиционных материалов. Получены значения параметра формы распределения Вейбулла, равное 10, для различных вариантов укладок композиционных материалов по результатам статистической обработки выборки результатов испытаний более 1000 образцов. Показано уменьшение разброса и повышение базового значения предела прочности конструкций из композиционных материалов по мере увеличения объемов производства и количества выпущенных агрегатов.

2) Получены соотношения, связывающих распределение дефектов и деформационных свойств поликристаллических материалов. Проведен теоретический анализ распределений дефектов в материале ВТ-5 и с помощью методики расчета базисных значений получены расчетные значения прочности ВТ-5 при различных вариантах распределений дефектов.

3) Разработан алгоритм и программа для статистической обработки и анализа результатов испытаний на статическую и циклическую трещиностойкость на образцах различного типа. На основе анализа результатов испытаний построены вероятностные кривые и показана хорошая сходимость экспериментальных данных с одним из стандартных законов распределения на статическую трещиностойкость материалов АК6чТ1 и ВТ6ч.

Следует отметить практическую ценность результатов работы, апробированной на экспериментальном материале ОАО «Туполев», наработанном на серийных машинах Ту-204, Ту-214, Ту-334.

Замечания по диссертационной работе.

По диссертационной работе Абдуллина Марата Равильевича имеются следующие замечания:

1. Поставленные цели и задачи шире, чем название диссертационной работы. Композиционные материалы, о которых идет речь в названии, рассматриваются в первой главе диссертации. Вторая и третья главы посвящены, в основном, исследованию свойств металлов и сплавов. Возможно, в названии работы следовало бы заменить словосочетание «композиционные материалы» на «материалы, используемые в авиационной технике». Следует отметить, что в диссертации и в автореферате цель сформулирована по-разному, при этом, в автореферате формулировка цели недостаточно корректна, поскольку анализ является не целью, а средством её достижения. Задачи, рассмотренные в главах работы, недостаточно связаны между собой, отсутствуют завершающие резюме и выводы по главам. В диссертации указано, что основные результаты опубликованы в трех статьях и трех материалах конференции, а в автореферате приводятся данные только по двум статьям и трем материалам конференций.
2. В первой главе в разработанной базе данных по испытаниям композиционных материалов присутствуют только данные об испытаниях на растяжение и сжатие. В то же время, одним из распространенных видов разрушения композитных конструкций является расслоение. Было бы полезным включить в базу данных прочность на межслоевой сдвиг. Кроме того, интересно также было бы проанализировать модуль Юнга, диаграмму деформирования, предельную деформацию и характер разрушения. Разрушение слоистых пакетов может происходить по различным механизмам, анализируя характер разрушения, можно сделать выводы о прочности монослоя, прочности связующего и сделать предположение о качестве технологии изготовления. Отсутствие этой информации в базе данных ограничивает возможности такого анализа.

3. Во второй главе в преамбуле отмечается, что учет дефектности является важным для оценки свойств композиционных материалов, однако, в главе рассматриваются только поликристаллические материалы – металлы и сплавы. Глава заканчивается таблицей рассчитанных напряжений потери устойчивости пластического деформирования сплава ВТ-5 для различных величин остаточной деформации без каких-либо последующих комментариев. Хотелось бы, чтобы в завершении главы присутствовало краткое резюме, анализ полученных результатов, возможности их использования, техническое приложение. Кроме того, желательно было бы провести верификацию полученных в главе теоретических зависимостей и сравнить полученные расчетные оценки с какими-либо экспериментальными данными.
4. В третьей главе делается вывод, что для сплавов АК6чТ1 и ВТ6ч, в отличие от композиционных материалов, критический КИН K_{Ic} хорошо описывается логнормальным законом. Для этих сплавов на рисунках 3.7 и 3.8 (стр. 64, 65) диссертации приведены экспериментальные данные по K_{Ic} , при этом сама логнормальная зависимость на этих рисунках отсутствует - приведен нормальный закон. В автореферате же на стр. 19 и далее в выводах (п.3) утверждается, что вышеуказанные распределения хорошо описывается нормальным законом. Для композиционных материалов в третьей главе нет каких-либо данных или литературных ссылок, которые бы подтвердили отличие в распределениях КИН этих материалов от рассмотренных сплавов.
5. В диссертации имеются орфографические ошибки и опечатки, например, ссылка на странице 18 на источник [44] не соответствует монографии Победря Б.Е. «Механика композиционных материалов». – М., МГУ, 1984; на странице 15 присутствует цитируемый текст, который не обозначен как цитата.

Сделанные замечания не ставят под сомнение значимость представленных в диссертации результатов и квалификацию исполнителя. Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертационной работы. По результатам диссертационной работы имеется пять публикаций, в том числе две статьи в изданиях рекомендованных ВАК. Текст работы написан правильным научным языком с некоторыми орфографическими ошибками.

Заключение.

Суммируя все вышесказанное можно утверждать, что диссертационная работа Абдуллина Марата Равильевича "Статистическое обоснование прочностных характеристик композиционных материалов" является законченным оригинальным научным исследованием, посвященным решению практически важной технической проблемы, показывающим профессиональную зрелость автора. Результаты диссертационной работы используются в промышленности. Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 - "Механика деформируемого твердого тела", а её автор, Абдуллин Марат Равильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент - доктор технических наук (01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), профессор кафедры механики композиционных материалов и конструкций ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Адрес: 614990, РФ, Пермский край, г. Пермь – ГСП, Комсомольский пр. 29
E-mail: rector@pstu.ru, телефон +7(342)2123927

Подпись А.Н. Аношкина заверяю
Ученый секретарь университета
кандидат ист. наук, доцент



Аношкин Александр Николаевич

20.04.2015г.

В.И. Макаревич