



ОАО «НИТС»

Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский институт
технического стекла»

Joint stock company "Institute of Technical Glass"

Российская Федерация 117218, Москва, ул. Кржижановского, 29
Тел./ факс: +7 (499) 125-39-21, (499) 129-16-36.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ОАО «Научно-исследовательский
институт технического стекла»,

Д.Т.Н. профессор



В.Ф. Солинов

ноябре 2014г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Открытого акционерного общества «Научно-исследовательский институт
технического стекла» на диссертацию КИРЮШИНОЙ ВАЛЕНТИНЫ
ВЛАДИМИРОВНЫ «Исследование керамических материалов с
применением методов вероятностного анализа при разработке и
производстве элементов летательных аппаратов», представленную на
соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических
материалов

Диссертационная работа Кирюшиной В.В. посвящена исследованию
свойств и микроструктуры конструкционных радиопрозрачных
керамических материалов с применением методов вероятностного анализа.
Исследование свойств хрупких конструкционных материалов и
прогнозирование их работоспособности является актуальной и важной

задачей и требует комплексного подхода с учетом физических и статистических особенностей хрупкого разрушения.

В настоящее время разрабатывается новое поколение летательных аппаратов (далее по тексту – ЛА) с повышенными скоростями полета. Это требует применения керамических материалов как с высокими механическими характеристиками, высокой термостойкостью, эрозионной устойчивостью, так и стабильными диэлектрическими свойствами в широком температурном диапазоне, что предполагает комплексное исследование.

Керамике присуща хрупкость, низкие трещиностойкость и ударная вязкость, что может приводить к неожиданному разрушению даже при незначительных напряжениях. Механические свойства керамики зависят от дефектов микроструктуры (включений, пор, микротрещин и т.д.), поэтому показатели этих свойств имеют значительный статистический разброс. Большую роль при этом играет масштабный фактор прочности, геометрия изделий из керамики. Кроме этого для надежной эксплуатации элементов ЛА из конструкционной керамики необходимо прогнозирование долговечности и срока службы и оценки вклада в формирование надежности различных параметров.

Кирюшина В.В. обоснованно в качестве объекта для исследований выбрала кварцевую керамику НИАСИТ и стеклокристаллический материал ОТМ-357, используемые в серийном производстве радиопрозрачных элементов ЛА. К этим материалам предъявляется комплекс часто противоречивых требований по механическим, тепловым, радиотехническим характеристикам. Совмещение данных требований с надежностью конструкционных материалов в изделиях в настоящее время является недостаточно исследованным. Специфика технологии изготовления керамических изделий сложных конструкций и учет условий их эксплуатации обуславливают необходимость разработки физико-статистической модели оценки изменения эксплуатационных свойств. Данная физико-статистическая модель позволяет существенно повысить качественные характеристики расчетов, сократить временные затраты, заранее заложить в разрабатываемое изделие требуемую надежность.

Целью диссертационной работы является разработка физико-статистических моделей: хрупкого разрушения для прогнозирования надежности керамических материалов и изделий; оценки качества, в том числе стабильности, технологических процессов производства; учета экстремальных тепловых и силовых нагрузок.

Для достижения поставленной цели определены теоретические и практические направления диссертационной работы, и правильно, по нашему мнению, сформулированы задачи.

1. Исследование показателей кратковременной прочности и прогнозирование долговременной работоспособности конструкционных керамических материалов и изделий ЛА на основе моделей хрупкого разрушения.
2. Исследование взаимосвязи распределения дефектов микроструктуры керамических материалов, прочностных показателей и требуемого уровня надежности изделий.
3. Разработка системы оценки качества, в том числе стабильности, технологических процессов производства элементов ЛА из конструкционной керамики на основе статистических методов.
4. Разработка физико-статистической модели оценки прочностной надежности элементов ЛА из керамических материалов с учетом изменчивости свойств конструкционных материалов и условий нагружения.

Автором диссертации выполнен большой объем работы и логично определены предмет и методы исследования.

Предметом исследования являются механические свойства кварцевой керамики НИАСИТ и стеклокерамики ОТМ-357 и прочностная надежность (вероятность неразрушения) элементов ЛА из этих материалов.

Для решения поставленных задач в диссертационной работе Кирюшиной В.В. использованы современные методы исследования: метод статистических испытаний, статистические методы обработки данных, в том числе с использованием программы STATISTICA v.10, методы численного интегрирования и дифференцирования, классические методы строительной механики и теории упругости, метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе ANSYS.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 132 наименований и трех приложений. Результаты исследований представлены на 205 страницах основного текста, включающего 105 иллюстраций, 41 таблицу и 22 страницах приложений.

Во **введении** дается краткая характеристика объекта исследований, обоснована актуальность выбранной темы, ее научная новизна и практическая значимость, сформулированы цель и задачи исследований.

В **первой главе** приведены описания основных конструкционных керамических материалов и особенностей технологических процессов производства из них высоконагруженных элементов ЛА повышенной надежности; выполнен литературный обзор отечественных и зарубежных работ, посвященных методам оценки прочности и надежности сложных технических устройств, теоретическим и экспериментальным исследованиям хрупкого разрушения керамики.

Во **второй главе** исследованы стохастическая природа кратковременной прочности и долговременной работоспособности кварцевой керамики НИАСИТ и стеклокерамики ОТМ-357; найдены функции распределения размеров дефектов микроструктуры исследуемых материалов и разработаны методики оценки максимально допустимых размеров дефектов, минимально допустимого напряжения и критического уровня нагружения в контрольных испытаниях в зависимости от напряженного объема и требуемой надежности изделий; для конкретных типов изделий приведены соответствующие расчеты.

В **третьей главе** проведен статистический анализ технологических процессов серийно выпускаемых в ОАО «ОНПП «Технология» изделий из кварцевой керамики НИАСИТ и стеклокерамики ОТМ-357, оценены основные свойства материалов в изделиях, проанализированы индексы пригодности и воспроизводимости в динамике за последние 5 лет, выработана система оценки качества, в том числе стабильности, рассматриваемых технологических процессов на основе статистических методов.

В **четвертой главе** разработана физико-статистическая модель оценки прочностной надежности изделий ЛА с учетом статистических распределений физико-механических, теплофизических свойств материалов,

тепловых и аэродинамических нагрузок, действующих на изделие в условиях эксплуатации; проанализировано влияние величины и рассеяния перечисленных параметров на оценку прочностной надежности керамического изделия посредством индекса безопасности.

В **заключении** перечислены основные результаты работы и сделаны выводы.

Основные результаты работы являются новыми и представляют значительный интерес как с научной, так и с практической точек зрения.

Научная ценность работы заключается в том, что на основе моделей хрупкого разрушения керамических материалов установлены взаимосвязи прочностной надежности, коэффициента запаса прочности, напряженного объема элементов ЛА и распределения размеров дефектов микроструктуры кварцевой керамики НИАСИТ и стеклокерамики ОТМ-357.

Научная новизна работы обусловлена также тем, что впервые в оценке надежности керамических элементов ЛА исследованы и учтены статистические распределения физико-механических свойств материалов и эксплуатационных нагрузок. Это является сутью предложенного вероятностного подхода к разработке керамических элементов ЛА повышенной надежности, а также решает задачу оптимизации конструкции элементов из керамики на основе критерия надежности.

Предложенный вероятностный подход актуален для подтверждения прочностной надежности как серийно выпускаемых радиопрозрачных керамических элементов ЛА, так и для оценки прочностной надежности вновь разрабатываемых керамических материалов и изделий.

Верификация полученных результатов выполнена на достаточно большом экспериментальном материале по испытаниям образцов материалов и изделий, а их достоверность определяется корректным использованием методов теории прочности и надежности, вероятностно-статистического аппарата, применением апробированных аналитических и численных методов анализа и расчета.

По тематике диссертации Кирюшиной В.В. в соавторстве с научным руководителем и коллегами и опубликовано 11 статей в научно-технических журналах, 7 из которых в изданиях рекомендованных ВАК РФ, 15 тезисов докладов на международных и российских конференциях, получен патент

РФ на изобретение. Опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации и автореферата. Не вызывает сомнения личный вклад Кирюшиной В.В. в получение и представление результатов научных исследований.

Практическое использование и внедрение результатов диссертационной работы возможно на предприятиях авиационно-космической и других отраслей, занимающихся синтезом конструкционных неметаллических материалов, исследованием свойств и разработкой из них изделий и в высших учебных заведениях, в том числе в МГТУ им.Н.Э.Баумана, РХТУ им.Д.И.Менделеева, ИМЕТ РАН им.А.А.Байкова, СГАУ им.С.П.Королева (НИУ), ИАТЭ НИЯУ МИФИ, ФГУП «ВИАМ», Институте физики прочности и материаловедения СО РАН, ГНЦ РФ ЦАГИ им.Н.Е.Жуковского, ФГУП «ЦИАМ им.А.И.Баранова», ООО «Керамбет-Огнеупор», Институте химии силикатов им.И.В.Гребенщикова и других.

Результаты, полученные в работе на основе моделей хрупкого разрушения (выбор метода оценки параметров распределения предела прочности, установление необходимого объема выборки для получения достоверных оценок, масштабная зависимость прочности и т.д.) для кварцевой керамики НИАСИТ и стеклокерамики ОТМ-357, могут быть распространены на другой спектр керамических и стеклообразных материалов и изделий из них.

Исследованные в работе статистические аспекты прочности, система контроля качества технологических процессов производства, методы оценки надежности и разработанные на их основе методики внедрены (о чем свидетельствуют два акта научно-технического внедрения, прилагаемых к диссертации) и используются в подготовке отчетной документации для Заказчиков по всей номенклатуре изделий научно-производственного комплекса «РПО» ОАО «ОНПП «Технология».

В качестве **замечаний** необходимо отметить следующее:

1. В главе 1 диссертации (стр. 17) неточно указано сырье «жильный кварц, кварцевый концентрат» для изготовления кварцевой керамики. Это сырье используется для наплавления кварцевого стекла, являющегося сырьем для получения НИАСИТа.

2. Обоснование того, что прочностная надежность, являющаяся по определению временной характеристикой, не рассматривается в работе в зависимости от времени эксплуатации изделия, звучит не очень убедительно.

Однако указанные замечания носят рекомендательный характер, не снижают общей ценности работы и не влияют на главные теоретические и практические результаты. Работа Кирюшиной В.В. является законченной и выполнена самостоятельно на достаточно высоком научном уровне.

По качеству выполненных исследований, научной новизне и практической значимости, достоверности и важности полученных результатов диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842, а ее автор, Кирюшина Валентина Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».

Диссертационная работа, автореферат Кирюшиной В.В. и отзыв на диссертацию обсуждались на расширенном заседании Научно-технического совета ОАО «Научно-исследовательский институт технического стекла» с участием ведущих специалистов в области синтеза стеклообразных и керамических материалов, протокол № 112 от «25» ноября 2014г.

Ученый секретарь, канд. техн.наук,
ст.н. сотрудник



А.А. Комлев

Секретарь НТС



Т.Я. Семина