

УДК 629.7.021  
ББК 39.53  
Н479

**Бойцов Б.В., Коротков С.С., Кривонос В.В., Тарасов Ю.М.**

Н479 Некоторые вопросы технологического проектирования конструкций из полимерных композиционных материалов, работающих в экстремальных условиях. – М.: Академия проблем качества, 2019. – 112 с.

Рассмотрены научные подходы к вопросам технологического проектирования высокоресурсных авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов с учетом воздействия экстремальных факторов внешней среды. Изложена разработанная методология ресурсно-климатических испытаний материалов и элементов конструкций из них, позволяющая определять стойкость материалов и прогнозировать календарный срок их службы.

Данное издание является обобщением результатов научных, конструкторских, технологических разработок и экспериментальных исследований.

Предназначено для специалистов, работающих по направлениям проектирования и производства конструкций из полимерных композиционных материалов, составлении и реализации программ сертификационных испытаний, а также может быть полезна в качестве пособия для подготовки студентов высших технических учебных заведений, специализирующихся в области разработки объектов авиационной техники.

#### **Авторы:**

**Бойцов Борис Васильевич** – Первый Вице-президент Академии проблем качества, член-корреспондент IQA, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшей школы России, доктор технических наук, профессор, научный руководитель кафедры «Технологическое проектирование летательных аппаратов и управление качеством» Московского авиационного института (национального исследовательского университета);

**Коротков Сергей Сергеевич** – член-корреспондент Российской академии ракетных и артиллерийских наук, заслуженный конструктор РФ, кандидат технических наук, Генеральный конструктор, Вице-президент по инновациям ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация»;

**Кривонос Валерий Васильевич** – член нанотехнологического общества России, кандидат технических наук, Руководитель направления ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация»;

**Тарасов Юрий Михайлович** – академик Российской инженерной академии, член-корреспондент Международной инженерной академии, заслуженный машиностроитель РФ, кандидат технических наук, Технический директор ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация».

## Оглавление

Предисловие.....	6
Введение .....	8
<b>Глава 1. Влияние факторов внешней среды на физико-механические свойства полимерных композиционных материалов.....</b>	<b>9</b>
1.1. Климатическая стойкость полимерных композиционных материалов. Анализ температурно-влажностных параметров климатических зон .....	9
1.2. Закономерности изменчивости структуры и свойств полимерных композиционных материалов под воздействием факторов внешней среды.....	11
1.3. Атмосферостойкость полимерных композиционных материалов в естественных климатических условиях.....	14
1.3.1. Анализ воздействия отдельных климатических факторов на свойства полимерных композиционных материалов .....	17
1.3.2. Совместное воздействие климатических факторов и статических нагрузок на деформативность, кратковременную и длительную прочность полимерных композиционных материалов .....	21
1.4. Теоретическое описание и прогнозирование механических свойств полимерных композиционных материалов при воздействии факторов внешней среды .....	24
1.5. Некоторый зарубежный опыт летной эксплуатации авиаконструкций из углепластиков.....	28
1.6. Основные задачи исследований.....	30
<b>Глава 2. Экспериментальная оценка изменчивости (сохраняемости) механических свойств конструкционных углепластиков при ускоренных испытаниях в различных режимах внешнего воздействия климатических и эксплуатационных факторов.....</b>	<b>32</b>
2.1. Объекты исследований .....	32

2.2. Методика проведения испытаний углепластиков .....	33
2.3. Воздействие температурно-влажностных параметров .....	33
2.3.1. Влияние влаги и температуры .....	34
2.3.2. Влияние знакопеременных термоциклов и статических нагрузок .....	41
2.3.3. Влияние рабочих температур и статических нагрузок .....	44
<i>Выводы к главе 2</i> .....	52
<b>Глава 3. Экспериментальные исследования атмосферостой-</b> <b>кости конструкционных углепластиков и авиаконструкций</b> <b>из них в экстремальных естественных климатических</b> <b>условиях</b> .....	53
3.1. Объекты исследования .....	53
3.2. Направления исследований и методика проведения испытаний .....	54
3.3. Характеристика метеопараметров экстремальных климатических зон .....	55
3.4. Экспериментальные результаты климатических испытаний в теплой влажной зоне .....	58
3.4.1. Экспериментальные результаты испытаний углепластиков .....	58
3.4.2. Экспериментальные результаты испытаний авиаконструкций из углепластиков .....	67
3.5. Экспериментальные результаты климатических испытаний в холодной зоне .....	73
3.5.1. Экспериментальные результаты испытаний углепластиков .....	73
3.5.2. Экспериментальные результаты исследований лопаток спрямляющего аппарата вентилятора из углепластика .....	78
3.6. Сравнительные экспериментальные результаты климатических испытаний углепластиков в умеренной зоне .....	79
<i>Выводы к главе 3</i> .....	79

<b>Глава 4. Прогнозирование изменения прочности углепластиков в результате климатического воздействия</b> .....	81
4.1. Моделирование необратимых изменений.....	82
4.2. Аprobация математической модели .....	87
4.3. Расчетно-экспериментальный метод прогнозирования сохраняемости прочностных свойств углепластиков в результате климатического и силового воздействий.....	93
<i>Выводы к главе 4</i> .....	94
<b>Глава 5. Результаты практической реализации работы</b> .....	95
Заключение.....	96
Литература.....	99