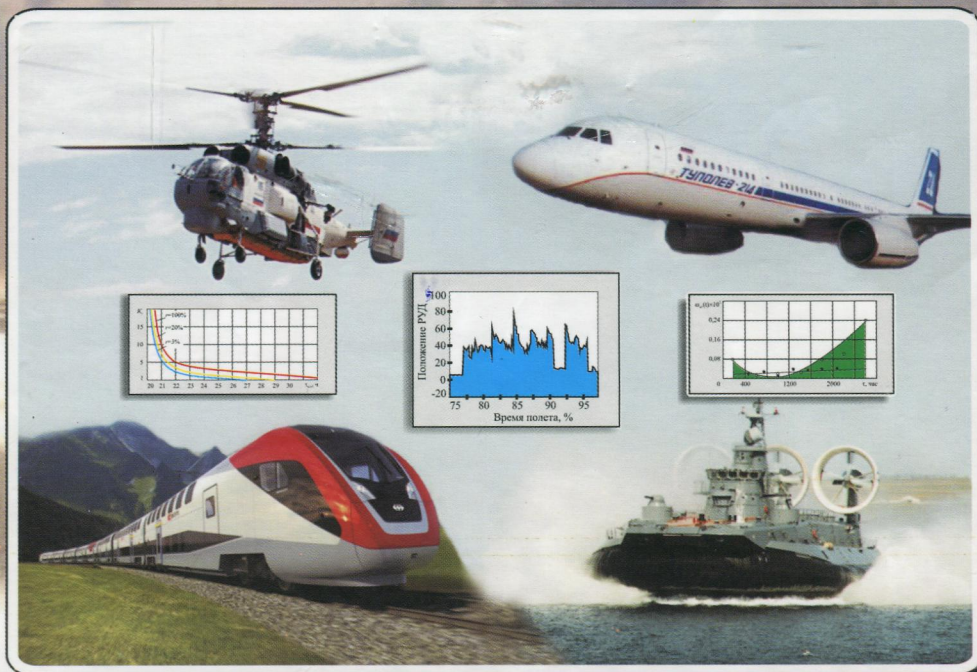


А.С. ГИШВАРОВ, С.А. ТИМАСHEВ

# СРТ Синтез ускоренных ресурсных испытаний технических систем многовариантного применения



Екатеринбург - 2012

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР  
«НАДЕЖНОСТЬ И РЕСУРС  
БОЛЬШИХ СИСТЕМ И МАШИН»

*А.С. Гшваров, С.А. Тимашев*

СИНТЕЗ УСКОРЕННЫХ  
РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
МНОГОВАРИАНТНОГО  
ПРИМЕНЕНИЯ

УДК 62.192  
ББК 30.14  
Г11

Ответственный редактор  
докт. техн. наук, профессор **С.А. Тимашев**

Рецензенты:                    докт. техн. наук, профессор **А.И. Белоусов**  
   докт. техн. наук, профессор **В.С. Жернаков**

**Гишваров А.С., Тимашев С.А.**

Г11    Синтез ускоренных ресурсных испытаний технических систем много-  
вариантного применения. Екатеринбург: УрО РАН, 2012.

ISBN 978-5-7691-2249-1

Рассмотрены теоретические основы метода синтеза ускоренных ресурсных испытаний технических систем многовариантного применения, надежность которых характеризуется совокупностью элементов узлов и характеристик расходования ресурса.

Комплексная оптимизация ускоренных ресурсных испытаний проводится на основе введенных авторами критериев эффективности, характеризующих уровень гарантированной проверки надежности системы, а также объем и длительность испытаний.

Приведены результаты исследования влияния различных факторов на эффективность ускоренных ресурсных испытаний и методика выбора оптимальных значений их объема, режимов и длительности. Аprobация методики проведена на примерах авиационного и ракетного газотурбинных двигателей многовариантного применения.

Для научных работников НИИ и КБ, занимающихся разработкой и проведением ускоренных ресурсных испытаний технических систем многовариантного применения в авиации, ракетостроении, судостроении, энерго- и общем машиностроении.

УДК 62.192  
ББК 30.14



ISBN 978-5-7691-2249-1

© НИЦ «НиР БСМ», 2012 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

---

<b>Введение</b> .....	3
<b>Глава 1. Состояние проблемы синтеза ускоренных ресурсных испытаний технических систем</b> .....	9
1.1. Основные факторы, влияющие на надежность и ресурс технических систем .	9
1.1.1. Влияние вида нагружения .....	9
1.1.2. Влияние компоновки изделия на объект и условия его эксплуатации . . .	11
1.2. Методы обоснования ускоренных ресурсных испытаний .....	27
1.2.1. Статистический метод .....	27
1.2.2. Прочностной метод .....	30
1.2.3. Испытания с прогнозированием параметров изделия по времени .....	35
1.2.4. Обобщенный метод .....	37
1.3. Методы обоснования совмещенных ресурсных испытаний .....	42
Выводы .....	48
<b>Глава 2. Теоретические основы синтеза ускоренных ресурсных испытаний технических систем</b> .....	50
2.1. Критерии эффективности совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .	50
2.1.1. Критерий гарантированной проверки надежности изделия в испытаниях .	50
2.1.2. Критерий дифференцированного «зачета» в испытаниях эксплуатационных вариантов применения изделия .....	60
2.1.3. Объем и длительность совмещенных ускоренных ресурсных испытаний	64
2.1.4. Область реализации и общая схема выбора параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....	65
2.1.5. Взаимовлияние критериев эффективности .....	65
2.2. Многокритериальная оптимизация совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....	67
2.2.1. Постановка задачи .....	67
2.2.2. Методы решения многокритериальных задач .....	70
2.2.3. Последовательность получения Парето-оптимальных значений параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....	73
2.2.4. Оптимизация параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний модифицированным методом Ψ-преобразования .....	75
Выводы .....	78
<b>Глава 3. Исследование оптимальной области совмещенных ускоренных ресурсных испытаний</b> .....	81
3.1. Условия проведения исследования .....	81
3.2. Влияние вида целевой функции на выбор параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....	82
3.3. Влияние режима нагружения на повреждаемость элементов изделия .....	88
3.4. Влияние количества учитываемых элементов изделия на выбор параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....	94
3.5. Влияние числа оптимизируемых участков нагружения изделия на выбор параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....	96



3.6. Влияние числа испытываемых изделий на параметры совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....	96
Выводы .....	113
<b>Глава 4. Методики формирования типовых полетных циклов авиационного двигателя и выбора оптимальных значений параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....</b>	<b>115</b>
4.1. Методика выбора объема, режимов и длительности совмещенных ускоренных ресурсных испытаний .....	115
4.1.1. Общие положения методики .....	115
4.1.2. Подготовка исходных данных .....	119
4.1.3. Формирование математической модели повреждаемости изделия .....	122
4.1.4. Формирование математических моделей напряженно-деформированного состояния элементов изделия .....	123
4.1.5. Формирование математической модели эксплуатации изделия .....	125
4.1.6. Оценка эксплуатационной повреждаемости изделия .....	128
4.1.7. Выбор базовой эксплуатационной повреждаемости изделия .....	129
4.1.8. Оптимизация объема, режимов и длительности совмещенных ускоренных ресурсных испытаний изделия .....	130
4.1.9. Формирование программы совмещенных ускоренных ресурсных испытаний изделия .....	132
4.2. Методика формирования типовых полетных циклов авиационного двигателя ..	132
4.2.1. Структура методики .....	132
4.2.2. Обработка данных единичного полета .....	133
4.2.3. Формирование групп и определение характеристик типовых полетных циклов .....	141
Выводы .....	145
<b>Глава 5. Примеры обоснования совмещенных ускоренных ресурсных испытаний изделий многовариантного применения .....</b>	<b>147</b>
5.1. Выбор оптимальных параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний газотурбинной вспомогательной силовой установки .....	147
5.2. Выбор оптимальных параметров совмещенных ускоренных ресурсных испытаний маршевого ракетного ГТД .....	153
5.2.1. Краткая характеристика серийной программы совмещенных ресурсных испытаний двигателя .....	153
5.2.2. Подготовка исходных данных .....	158
5.2.3. Формирование обобщенной математической модели повреждаемости двигателя .....	159
5.2.4. Формирование математических моделей напряженно-деформированного состояния элементов узлов двигателя .....	163
5.2.5. Формирование математической модели эксплуатации двигателя .....	174
5.2.6. Оценка эксплуатационной повреждаемости двигателя .....	174
5.2.7. Выбор базовой эксплуатационной повреждаемости двигателя .....	177
5.2.8. Оптимизация режимов и длительности совмещенных ускоренных ресурсных испытаний двигателя .....	178
5.2.9. Сравнение эффективности серийной и опытной программ совмещенных ускоренных ресурсных испытаний двигателя .....	183
Выводы .....	183
<b>Список литературы .....</b>	<b>184</b>