



ДЛЯ ВУЗОВ

*В.А. Григорьев, С.П. Кузнецов,
В.Т. Шепель*

ОСНОВЫ ДОВОДКИ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Допущено Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированного специалиста 160300 «Двигатели летательных аппаратов» и специальности 160301 «Авиационные двигатели и энергетические установки»

МОСКВА
«Инновационное машиностроение»
2017

УДК 629.7 (075.8)
ББК 39.55
Г82

Рецензенты:

Генеральный конструктор АО «ОДК»
доктор технических наук *Ю.Н. Шмотин*;
Кафедра авиационных двигателей и энергетических установок
Казанского национального исследовательского технического
университета имени А.Н.Туполева

Григорьев В.А., Кузнецов С.П., Шепель В.Т.

Г82 Основы доводки авиационных ГТД: учебное пособие. 2-е изд.,
испр. и доп. — М.: Инновационное машиностроение,
2017. — 191 с.

ISBN 978-5-9909601-3-8

Подготовлено на основе действующей в настоящее время нормативно-технической документации и обобщения практического опыта доводки авиационных ГТД, накопленного предприятиями авиационной промышленности. Рассмотрены основные принципы поузловой доводки и доводки газодинамических параметров. Изложены материалы по экспериментальному испытательному оборудованию, используемому для доводки ГТД. Рассмотрены проблемы прочностной доводки с применением моделирования объемного напряженно-деформированного состояния; особенности доводки, учитывающие требования воздушного судна; вопросы управления техническими рисками и обеспечения надежности.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Двигатели летательных аппаратов», может быть полезно для специалистов авиадвигательностроительных предприятий.

УДК 629.7 (075.8)
ББК 39.55

ISBN 978-5-9909601-3-8 © ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», 2017
© Авторы, 2017

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускается только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные условные обозначения	6
Предисловие	10
Введение	13
Глава 1. Основы методологии обеспечения системы безопасной эксплуатации авиационных двигателей на всех этапах жизненного цикла	17
1.1. Основные мероприятия по обеспечению безопасности летной эксплуатации авиационного двигателя	17
1.2. Основы отечественной системы управления летной годностью двигателя.	18
1.3. Управление конфигурацией двигателя как методология управления летной годностью	20
1.4. Практические аспекты применения методологии управления конфигурацией двигателя	22
Резюме (по главе 1 «Основы методологии обеспечения системы безопасной эксплуатации авиационных двигателей на всех этапах жизненного цикла»)	32
Контрольные вопросы	32
Глава 2. Основные принципы поузловой доводки	34
2.1. Вводные замечания	34
2.2. Особенности доводки компрессора по параметрам, газодинамической устойчивости и прочности.	37
2.2.1. Газодинамические испытания компрессора на стенде	39
2.2.2. Требования к стенду.	41
2.2.3. Проведение испытаний	42
2.2.4. Особенности обработки результатов измерений при автономных испытаниях компрессора.	43
2.2.5. Основы прочностной доводки компрессора	44
2.3. Доводка основной камеры сгорания.	46
2.4. Порядок доводки турбины.	49
2.5. Порядок доводки форсажной камеры.	53
2.6. Порядок доводки выходных и реверсивных устройств	54
2.7. Порядок доводки редукторов, коробок приводов и элементов внешнего оборудования.	56
2.8. Доводка систем автоматического управления двигателем	58
2.8.1. Цель и порядок доводки.	58
2.8.2. Доводочные мероприятия по наземной отработке и аттестации САУ.	59

2.8.3. Комплексная летная отработка САУ и агрегатов	60
2.9. Порядок отработки прочностных характеристик двигателя	61
2.10. Испытания двигателя при повышенной температуре газа перед турбиной	64
2.11. Специальные испытания двигателя	67
2.11.1. Примерный перечень специальных испытаний опытного двигателя в обеспечение предъявления его ОПИ и ЛКИ (ОЛИ).	67
2.12. Математическое моделирование двигателя при доводке	70
Резюме (по главе 2 «Основные принципы поузловой доводки»)	77
Контрольные вопросы	79
Глава 3. Доводка газодинамических параметров	81
3.1. Понятие выполненного двигателя	81
3.2. Основные уравнения, связывающие параметры элементов выполненного двигателя	83
3.3. Качественный (физический) анализ взаимосвязей между параметрами рабочего процесса на примере ТРД	95
3.4. Особенности анализа взаимного влияния параметров рабочего процесса ТРД двухвальной системы	98
3.5. Особенности работы многоступенчатого компрессора при снижении $n_{пр}$ от расчетного режима	100
3.6. Количественная оценка взаимосвязи между параметрами рабочего процесса	103
Резюме (по главе 3 «Доводка газодинамических параметров»)	126
Контрольные вопросы	127
Глава 4. Обеспечение основных технических данных	128
4.1. Экспериментально-исследовательская и испытательная база	128
4.2. Доводка основных данных двигателя	135
4.3. Проверка результатов доводки, сертификационные и государственные испытания	138
4.3.1. Сертификационные испытания	138
4.3.2. Государственные испытания	143
Резюме (по главе 4 «Обеспечение основных технических данных»)	145
Контрольные вопросы	147
Глава 5. Доводка ГТД с использованием методов численного моделирования объемного напряженно-деформированного состояния	148
5.1. Моделирование объемного напряженно-деформированного состояния	148

5.2. Использование программного комплекса ANSIS при моделировании напряженно-деформированного состояния	150
Резюме (по главе 5 «Доводка ГТД с использованием методов численного моделирования объемного напряженно-деформированного состояния»)	159
Контрольные вопросы	159
Глава 6. Особенности доводки перспективного авиационного двигателя	161
6.1. Схема доводки перспективного авиационного двигателя	161
6.2. Учет требований воздушного судна при доводке	164
6.3. Назначение испытательных режимов при доводке	165
6.4. Учет новых сертификационных требований при доводке	166
Резюме (по главе 6 «Особенности доводки перспективного авиационного двигателя»)	173
Контрольные вопросы	174
Глава 7. Управление техническими рисками	175
7.1. Схема управления техническими рисками	175
7.2. Взаимосвязь надежности и безопасности в оценке рисков	181
Резюме (по главе 7 «Управление техническими рисками»)	184
Контрольные вопросы	185
Список литературы	186
Приложение	188