

НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



*Л.С. Яновский, А.А. Харин*

**ХИММОТОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ  
АВИАЦИОННЫХ  
ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**



**Л.С. ЯНОВСКИЙ, А.А. ХАРИН**

**ХИММОТОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
НАДЕЖНОСТИ  
АВИАЦИОННЫХ  
ГАЗОТУРБИННЫХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ**

МОНОГРАФИЯ

Электронно-  
Библиотечная  
Система  
znanium.com

Москва  
ИНФРА-М  
2015

УДК 621.45.04:629.7.017.1  
ББК 39.55  
Я64

ФЗ № 436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 2 ст. 1
----------------	--

**Рецензенты:**

*Ф.М. Галимов* — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева;  
*С.И. Мартыненко* — д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Государственного научного центра РФ Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова

Я64

**Яновский Л.С., Харин А.А**

Химмотологическое обеспечение надежности авиационных газотурбинных двигателей: Монография. — М.: ИНФРА-М, 2015. — 264 с. — (Научная мысль). — [www.dx.doi.org/10/12737/11469](http://www.dx.doi.org/10/12737/11469).

ISBN 978-5-16-010914-5 (print)

ISBN 978-5-16-102937-4 (online)

В книге систематизированы и обобщены результаты проведенных комплексных исследований обеспечения химмотологической надежности авиационных газотурбинных двигателей. Рассмотрены в совокупности вопросы химмотологии, механики и теплофизики как отечественных, так и зарубежных авиационных горючесмазочных материалов в реальных условиях эксплуатации авиационной техники.

Издание рассчитано на научных работников и инженеров, занимающихся проектированием, исследованием и эксплуатацией силовых и энергетических установок, а также транспортных средств. Книга будет полезна студентам авиационных, технологических, транспортных, энергетических специальностей технических вузов.

ББК 39.55

ISBN 978-5-16-010914-5 (print)  
ISBN 978-5-16-102937-4 (online)

© Яновский Л.С., Харин А.А, 2015

Подписано в печать 25.05.2015.

Формат 60×90/16. Печать цифровая. Бумага офсетная. Гарнитура *Newton*.

Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 19,6. Тираж 1000 экз. Заказ № 5886

ТК 356100-505345-250515

ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»

127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1

Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86. Факс: (495) 280-36-29

E-mail: [books@infra-m.ru](mailto:books@infra-m.ru) <http://www.infra-m.ru>

Отпечатано в типографии

ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»

127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1

Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86. Факс: (495) 280-36-29

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1</b>	
<b>ХИММОТОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ГТД)</b> .....	8
1.1. Факторы, определяющие химмотологическую надежность.....	8
1.1.1. Влияние низкотемпературных отложений.....	9
1.1.2. Влияние высокотемпературных отложений.....	11
1.1.3. Влияние загрязненности реактивных топлив.....	16
1.1.4. Влияние воды и кислорода, растворенных в топливе.....	25
1.2. Функциональные показатели реактивных топлив.....	26
1.2.1. Отечественные реактивные топлива.....	26
1.2.2. Зарубежные реактивные топлива.....	32
1.2.3. Топлива пониженного качества.....	42
1.2.4. Перспективы создания топлива с повышенной термостабильной способностью.....	43
1.3. Функциональные показатели авиационных масел.....	47
1.3.1. Отечественные авиационные масла.....	47
1.3.2. Зарубежные авиационные масла.....	49
1.3.3. Перспективы создания масел с повышенной термостабильностью.....	53
<b>ГЛАВА 2</b>	
<b>ВЛИЯНИЕ ВОДЫ И РАСТВОРЕННОГО В ТОПЛИВАХ КИСЛОРОДА НА АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ В ТОПЛИВЕРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЕ ГТД</b> .....	60
2.1. Объекты исследования и методика проведения экспериментов.....	60
2.2. Влияние растворенной и эмульсионной воды на антифрикционные свойства материалов.....	63
2.3. Влияние растворенного в топливе кислорода на антифрикционные свойства материалов.....	66
2.4. Влияние различных топлив на антифрикционные свойства материалов.....	68

## **ГЛАВА 3**

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КОКСОТЛОЖЕНИЙ В ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ ГТД**

3.1. Термическое разложение топлив .....	70
3.1.1. Установка и методика проведения экспериментов .....	71
3.1.2. Температура начала термического разложения реактивных топлив.....	78
3.1.3. Влияние концентрации топлива в зоне крекинга на температуру начала деструкции топлив и глубину протекания реакций .....	84
3.1.4. Обобщение экспериментальных данных по температурам начала разложения реактивных топлив .....	87
3.2. Коксоотложения при нагреве топлив в жидкофазном состоянии .....	92
3.3. Влияние примесей в топливах .....	96
3.4. Влияние режимов течения и нагрева топлив.....	97
3.5. Влияние материала стенки.....	101
3.6. Структура, состав и физические свойства коксоотложений .....	109
3.7. Влияние коксоотложений на характеристики теплообмена в топливных каналах .....	117
3.7.1. Метод калориметрирования в жидкометаллическом термостате.....	117
3.7.2. Экспериментальная установка и методика проведения экспериментов.....	121
3.7.3. Результаты экспериментов .....	126

## **ГЛАВА 4**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ КОКСОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ТЕЧЕНИИ ТОПЛИВ В ТОПЛИВНЫХ КАНАЛАХ ГТД**

4.1. Моделирование жидкофазного окисления топлив.....	129
4.2. Модели процесса образования коксоотложений при окислении топлив .....	131
4.2.1. Двумерная модель .....	131
4.2.2. Одномерная модель.....	142
4.3. Коксование топливных коллекторов основных камер сгорания ГТД.....	164
4.4. Коксование топливных коллекторов форсажных камер сгорания ГТД .....	168

## **ГЛАВА 5**

### **МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ КОКСОТЛОЖЕНИЙ ИЗ ТОПЛИВНЫХ КАНАЛОВ ГТД**

5.1. Физико-механические методы .....	181
5.2. Физико-химические методы.....	185
5.3. Химико-термические методы .....	188

<b>ГЛАВА 6</b>	
<b>Термоокислительная стабильность топлив и масел .....</b>	<b>201</b>
6.1. Экспериментальные установки для исследования термоокислительной способности топлив .....	201
6.2. Влияние механических примесей на термоокислительную стабильность топлив.....	207
6.3. Присадки к топливам для повышения термоокислительной стабильности .....	224
6.4. Методы оценки термоокислительной стабильности авиационных масел.....	232
6.4.1. Прибор ОП-100 .....	232
6.4.2. Компенсационная манометрическая установка.....	235
6.4.3. Метод дериватографии.....	242
6.5. Проблемы создания высокотемпературных масел.....	246
<b>Заключение .....</b>	<b>250</b>
<b>Литература .....</b>	<b>252</b>