

*А.И БЕЛОУСОВ, В.А. БОРИСОВ,  
А.М. ЖИЖКИН, А.В ИВАНОВ*

**КОНСТРУИРОВАНИЕ ТНА  
И ЭЛЕМЕНТОВ КАМЕРЫ ЖРД  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
3-D МОДЕЛЕЙ**

**2007**



**САМАРА**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЁВА"

# КОНСТРУИРОВАНИЕ ТНА И ЭЛЕМЕНТОВ КАМЕРЫ ЖРД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ

Под редакцией  
Заслуженного деятеля науки и техники РФ  
д-ра техн. наук, профессора  
А.И. Белоусова

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2007

УДК 621.455 (075)

ББК 39.55

К65



**Инновационная образовательная программа  
"Развитие центра компетенции и подготовка  
специалистов мирового уровня в области аэро-  
космических и геоинформационных технологий"**

**Авторы: А.И. Белоусов, В.А. Борисов,  
А.М. Жижкин, А.В. Иванов**

**Рецензенты: канд. техн. наук, доц. В. У. Нигодюк  
главный конструктор ОАО СКБМ Е. П. Кочеров**

**К65      Конструирование ТНА и элементов камеры ЖРД с использо-  
ванием 3D-моделей: учеб. пособие / [А.И. Белоусов и др.] –  
Самара: Изд-во Самар.гос. аэрокосм. ун-та, 2007. – 132 с.: ил.**

**ISBN 978-5 –7883-0528-8**

В учебном пособии приведены методические материалы по конструированию трёхмерных моделей элементов камеры жидкостных ракетных двигателей с использованием пакета SolidWorks. Приведено краткое описание конструкции камеры ЖРД НК-33 и показано на примерах создание трёхмерных моделей этой камеры.

Во второй части пособия рассмотрены особенности ТНА водородных ЖРД, приводятся материалы по всем известным двигателям такого типа.

Учебное пособие предназначено для студентов аэрокосмического университета, обучающихся по специальности 160302 "Ракетные двигатели". Разработано на кафедре КиПДЛА.

**УДК 621.455 (075)  
ББК 39.55**

**ISBN 978-5-7883-0528-8**

© Белоусов А.И., Борисов В.А.,  
Жижкин А.М., Иванов А.В., 2007  
© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2007

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть 1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КАМЕРЫ ЖРД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ.....	5
Введение.....	5
1.1. Особенности камер ЖРД.....	6
1.2. Последовательность построения 3D- модели камеры.....	9
1.3. Построение 3D- модели камеры ЖРД НК-33.....	10
1.3.1. Конструкция камеры ЖРД НК-33.....	11
1.3.2. Трёхмерная модель камеры НК-33 .....	21
1.3.3. Разработка объёмной модели шарнирного крепления камеры НК-33.....	26
1.4. Параметрическая модель силового элемента камеры для исследования прочности с применением ANSYS .....	29
1.4.1. Построение модели.....	30
1.4.2. Порядок выполнения расчета.....	33
1.4.3. Пример выполнения расчета с использованием программы ANSYS.....	38
Библиографический список.....	45
Часть 2. КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ТНА КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНЫХ ЖРД.....	46
Введение.....	46
2.1. Системы питания и ТНА кислородно-водородных ЖРД...	51
2.2. Конструктивные схемы ТНА кислородно- водородных ЖРД.....	57
2.2.1. Классификационные признаки конструктивных схем ТНА кислородно-водородных ЖРД.....	64
2.2.2. Основные факторы, влияющие на выбор конструктивных схем ТНА.....	66
2.3. Основные параметры сравниваемых ЖРД.....	68
2.4. Особенности условий работы ТНА ЖРД генераторных схем.....	70
2.5 Анализ конструкции ТНА ЖРД, выполненных по генераторной схеме.....	79

2.5.1. Турбонасосные агрегаты, разработанные	А
фирмой Рокетдайн (США).....	79
Турбонасосные агрегаты двигателей J-2 и J-2S.....	79
Турбонасосные агрегаты для двигателя SSME.....	82
2.5.2. Турбонасосные агрегаты, разработанные	
фирмой Пратт-Уитни.....	89
Турбонасосные агрегаты двигателя RS-68.....	91
2.5.3. ТНА двигателей генераторной схемы,	
разработанные во Франции.....	92
Турбонасосный агрегат двигателя НМ-7.....	92
Турбонасосные агрегаты двигателя НМ-60.....	96
Турбонасосные агрегаты двигателя НМ-60-2.....	100
2.5.4. ТНА двигателей генераторной схемы,	
разработанные в Японии.....	104
Турбонасосные агрегаты двигателя LE-5.....	104
Турбонасосные агрегаты двигателя LE-7.....	106
Турбонасосные агрегаты двигателя LE-7A.....	117
2.5.5. ТНА двигателей генераторной схемы,	
разработанные в КНР.....	117
Турбонасосный агрегат двигателя YF-73.....	117
Турбонасосный агрегат двигателя YF-75.....	117
2.5.6. ТНА ЖРД генераторной схемы, разработанные	
в России.....	121
Турбонасосный агрегат двигателя КВД.....	122
Турбонасосный агрегат двигателя Д-57.....	122
Турбонасосный агрегат двигателя РД-0120.....	123
Библиографический список .....	125



## **Часть 1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КАМЕРЫ ЖРД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ**

### *Введение*

Камера ЖРД является одним из важнейших агрегатов двигателя, определяющим его основные характеристики – тягу, удельный импульс и массу. При проектировании и конструировании камеры приходится решать проблемы, связанные с исключительно высокими параметрами рабочего процесса – давлением газа до 30 МПа, имеющего температуру до 4000 К и истекающего со скоростью 2500 – 4000 м/с. Поэтому при создании камеры ЖРД требуется большой объем экспериментальных работ (доводки), что приводит к большим затратам средств и времени. Использование современных методов проектирования и конструирования позволяет сократить эти потери.

В настоящее время всё более широкое распространение получает конструирование изделий машиностроения с использованием компьютерных технологий. Поскольку реальные детали машин представляют собой объёмные тела, глубокую проработку их конструкции можно выполнить только при пространственном конструировании, которое осуществляется применением пакетов программ 3D.

Конструирование в объёме приводит к уменьшению конструкторских ошибок, позволяет легко вносить изменения в конструкцию и быстро передавать информацию в производство. Несомненно, работа в пакетах 3D развивает пространственное

Учебное издание

*Белоусов Анатолий Иванович,  
Борисов Валерий Александрович,  
Жижкин Александр Михайлович,  
Иванов Андрей Владимирович*

# **КОНСТРУИРОВАНИЕ ТНА И ЭЛЕМЕНТОВ КАМЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ**

Учебное пособие

Технический редактор А. М. Цыганов  
Редакторская обработка А. А. Нечитайло  
Корректорская обработка И. И. Проломова  
Доверстка Е. А. Ежова

Подписано в печать 19.10.07. Формат 60 х 84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 8,0.

Тираж 120 экз. Заказ 532. ИП-50/2007.

Самарский государственный  
аэрокосмический университет.  
443086 г. Самара, Московское шоссе, 34.

---

Издательство Самарского государственного  
аэрокосмического университета.  
443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.