

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Институт (факультет) Институт авиации, наземного транспорта и энергетики  
Кафедра Реактивных двигателей и энергетических установок

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе

### «Основы проектирования ДЛА»

и

Индекс по учебному плану: Б1.В.13

Направление подготовки: 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

Квалификация: инженер

Специализация: «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», «Проектирование систем охлаждения и устройств тепловой защиты в авиационных и ракетных двигателях»

Вид(ы) профессиональной деятельности: проектно- конструкторская,  
научно –исследовательская

Разработчики: доцент кафедры РДЭУ к.т.н. А.И. Глазунов

к.т.н. Б.М. Осиповым

Казань 2017 г.

# **РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).**

## **1.1 Цель преподавания учебной дисциплины (модуля).**

Целью изучения дисциплины «Основы проектирования ДЛА» является:

- ознакомление студентов с концептуальными основами проектирования основных элементов конструкции ДЛА, как современной отрасли науки об уникальных энергосистемах;

- формирование технического и технологического мировоззрения на основе знания особенностей сложных технических систем;

- приобретение навыков конструкционных и проектных работ.

В процессе освоения данной дисциплины обучающийся формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- общие методы проектирования, как составная часть основ конструирования;

- принципы оптимального проектирования сложных технических систем и подсистем;

- основные методы проектирования;

- современные достижения в области реактивных двигателей.

## **1.2 Задачи учебной дисциплины (модуля).**

**Задачей** освоения программы дисциплины «Основы проектирования ДЛА» является приобретение студентом компетенций соответствующих проектно-конструкторской деятельности выпускника:

- изучение основ конструирования, знакомство с конструкцией различных энергоустановок;

- формирование представлений о функционировании систем и подсистем сложных устройств;

- изучение взаимосвязей между отдельными системами и элементами конструкции;

- знание нормативных документов (норм, государственных и отраслевых стандартов).

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО.

Дисциплина «Основы проектирования ДЛА» входит в учебный план, как одна из профилирующих в основной образовательной программе подготовки по направлению 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

### 1.4 Объем учебной дисциплины (модуля) (с указанием трудоемкости всех видов учебной работы).

Таблица № 1

Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Виды учебной работы	Общая трудоемкость		Семестр:			
	в ЗЕ	в час	7		8	
			в ЗЕ	в час	в ЗЕ	в час
<b><i>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</i></b>	<b>8</b>	<b>288</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>3</b>	<b>108</b>
<b><i>Аудиторные занятия</i></b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>2,5</b>	<b>90</b>	<b>0,5</b>	<b>18</b>
Лекции	1	36	1	36		
Лабораторные работы	1	36	1	36	-	-
Практические занятия	1	36	0,5	18	0,5	18
<b><i>Самостоятельная работа студента</i></b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>2,5</b>	<b>90</b>	<b>2,5</b>	<b>90</b>
Проработка учебного материала	2	72	1,5	54	0,5	18
Курсовой проект	2	72	-	-	2	72
Курсовая работа	-	-	-	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	1	36		
Промежуточная аттестация:			экзамен		зачет-КП	

## 1.5 Планируемые результаты обучения

Таблица № 2

### Формируемые компетенции

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
<b>ПК-1</b> способность принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями использованием стандартных средств автоматизации проектирования.			
<b>Знать</b> методы расчёта и основ конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА с использованием стандартных средств проектирования	<b>Знать</b> основы расчета прочности и устойчивости элементов конструкции ДЛА в соответствии с ТЗ и с применением стандартных средств автоматизации проектирования	<b>Знать</b> • известные методы расчета прочности и устойчивости элементов конструкции ДЛА в соответствии с ТЗ и с применением стандартных средств автоматизации проектирования • применяемых материалов и их технологических особенностей • нормы проектирования	<b>Знать</b> • различные методы расчета прочности и устойчивости элементов конструкции ДЛА • физико-механические свойства материалов • нормы проектирования оболочек элементов ДЛА для простых и сложных нагружений
<b>Уметь</b> пользоваться компьютерными средствами при проектировании элементов конструкции двигателя на жидком топливе.	<b>Уметь</b> посредственно • применять соответствующие средства автоматизированного проектирования, • заимствовать передовой опыт разработок изделий	<b>Уметь</b> • применять соответствующие средства автоматизированного проектирования, • заимствовать передовой опыт разработок изделий, • обосновывать основные проектные параметры на всех этапах разработки сложных изделий, • давать обоснование техническим положениям как по проектированию, так и по технологии производства	<b>Уметь</b> • применять соответствующие средства автоматизированного проектирования, • заимствовать передовой опыт разработок изделий, • обосновывать основные проектные параметры на всех этапах разработки сложных изделий, • давать обоснование техническим положениям как по проектированию, так и по технологии, • доказывать, анализировать, оптимизировать как отдельные этапы проектирования, так и разработку основных видов проектов в целом

<p><b>Владеть</b> навыками работы со стандартными средствами автоматизированного проектирования и конструирования двигателя на жидком топливе.</p>	<p><b>Владеть</b> посредством</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практическими навыками работы с прикладными графическими и математическими пакетами,</li> <li>• средствами ведения проектных работ и исполнения конструкторской документации</li> </ul>	<p><b>Владеть</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практическими навыками работы с прикладными графическими и математическими пакетами,</li> <li>• средствами ведения проектных работ и исполнения конструкторской документации,</li> <li>• навыками ведения проектных работ всех уровней,</li> <li>• нормативными данными по единой системе конструкторской документации (ЕСКД)</li> </ul>	<p><b>Владеть</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практическими навыками работы с прикладными графическими и математическими пакетами,</li> <li>• средствами ведения проектных работ и исполнения конструкторской документации,</li> <li>• навыками ведения проектных работ всех уровней,</li> <li>• нормативными данными по единой системе конструкторской документации (ЕСКД),</li> <li>• современным уровнем ведения этапов проектирования, сохраняя конкурентоспособность на всех этапах конструирования опыт передовых технологий в проектировании</li> </ul>
<p><b>ПК 26</b> способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности</p>			
<p><b>Знать</b> основы разработки физико-математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Знать</b> основы инженерных моделей основных процессов, протекающих в рабочих трактах и агрегатах авиационных и ракетных двигателей.</p>	<p><b>Знать</b> инженерный подход к разработке простейших моделей основных процессов, протекающих в рабочих трактах и агрегатах двигателей.</p>	<p><b>Знать</b> основы, позволяющие проводить анализ простейших моделей основных процессов, протекающих в рабочих трактах и агрегатах авиационных и ракетных двигателей.</p>
<p><b>Уметь</b> разрабатывать физико-математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Уметь</b> формировать и разрабатывать элементарные физические и математические модели основных процессов, протекающих в рабочих трактах и агрегатах двигателей.</p>	<p><b>Уметь</b> разрабатывать элементарные физические и математические модели основных процессов, протекающих в рабочих трактах и агрегатах двигателей, и обосновывать их адекватность.</p>	<p><b>Уметь</b> использовать физические и математические модели для расчета простейших процессов, протекающих в рабочих трактах и агрегатах авиационных и ракетных двигателей.</p>
<p><b>Владеть</b> информационными технологиями в целях разработки физико-математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Владеть</b> навыками поиска справочной информации, необходимой для формирования физико-математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов средствами информационных технологий.</p>	<p><b>Владеть</b> навыками применения информационных технологий для получения и демонстрации знаний в области разработки физико-математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Владеть</b> навыками применения информационных технологий в целях анализа физико-математических моделей и результатов моделирования.</p>

Компетенции, получаемые студентами при изучении дисциплины Б1.В.13 «Основы проектирования ДЛА», могут быть использованы при выполнении курсового проекта.

## РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

### 2.1 Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость

Общая трудоемкость дисциплины «Основы проектирования ДЛА» составляет 8 З.Е. (ФГОС-3+).

Объем часов учебной работы по формам обучения, по видам занятий и по самостоятельной работе студента представлен в таблице в соответствии с учебным рабочим планом:

Таблица № 3

Распределение фонда времени по видам занятий

	Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах/интерактивные часы)				Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
			лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
<i>Раздел 1. Основные сведения о ДЛА.</i>								
1.	Тема 1.1. Типы ракетных двигателей и ПГС ДЛА.	4	2	0	0	2	ПК-1.3 ПК-1.У	Собеседование
2.	Тема 1.2. Проектирование и конструкция камер сгорания ДЛА.	10	2	2	2	4	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль отчетов по лаб. и практ. занятиям
3.	Тема 1.3. Проектирование и конструкция сопла.	12	2	4	1	5	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У	Контроль отчетов по лаб. работе
4.	Тема 1.4. Проектирование и конструкция форсуночного блока.	16	4	4	2	6	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В	Контроль отчетов по лаб. работе и практ. занятиям ФОС ТК-1
5.	Тема 1.5. Охлаждение камеры ДЛА	6	2	0	2	2	ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль отчетов по практ. занятиям
6.	Тема 1.6. Запуск и останов ДЛА	8	2	4	0	2	ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль отчетов по лаб. и практ. занятиям
7.	Тема 1.7. Технические системы ДЛА.	4	2	0	0	2	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-26.3 ПК-26.У	Собеседование
8.	Тема 1.8. Проектирование и конструкция агрегатов управления ДЛА.	12	2	4	2	4	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль отчетов по лаб. и практ. занятиям
9.	Тема 1.9. Основные типы ДЛА	10	2	2	1	5	ПК-1.3 ПК-26.3	Отчет по практической работе

10.	Тема 1.10. ДЛА как тепловая машина	6	2	2	0	2	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-26.3 ПК-26.У	Отчет по практической работе
11.	Тема 1.11. Работа ДЛА как двигателя.	8	2	4	0	2	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-26.3 ПК-26.У	Отчет по практической работе
12.	Тема 1.12. Удельные параметры, КПД и показатели эффективности.	10	2	2	2	4	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	ФОС ТК-2 Тесты
13.	Тема 1.13. Характеристики и регулирование компрессоров и турбин ДЛА.	14	2	4	2	6	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-26.3 ПК-26.У	Отчет по практической работе
14.	Тема 1.14. Характеристики входных и выходных устройств и камер сгорания ДЛА. Конструкция и проектирование.	12	4	2	2	4	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Отчет по практической работе
15.	Тема 1.15. Законы и программы регулирования и характеристики ДЛА.	12	4	2	2	4	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Отчет по практической работе
16.	Подготовка к промежуточной аттестации	36	0	0	0	36		ФОС ПА-1 Экзамен
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>90</b>		
<b>Раздел 2. ДЛА – сложная техническая система. Характеристики ДЛА и их регулирование.</b>								
17.	Тема 2.1. Проектирование распыливающих устройств.	4				4	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль инд. заданий по практ. занятиям
18.	Тема 2.2. Проектирование циклограммы работы ДЛА.	2				2	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль инд. заданий по практ. занятиям
19.	Тема 2.3 Проектирование пироклапана отсечки компонента	3				3	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль инд. заданий по практ. занятиям
20.	Тема 2.4. Проектирование входного и выходного устройств.	3				3	ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль инд. заданий по практ. занятиям
21.	Тема 2.5. Проектирование осевого компрессора	3				3	ПК-1.3 ПК-1.У	Контроль инд. заданий по практ.

							ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	занятиям
22.	Тема 2.6. Проектирование камеры сгорания и турбины	3			3		ПК-1.3 ПК-1.У ПК-1.В ПК-26.3 ПК-26.У ПК-26.В	Контроль инд. заданий по практ. занятиям
	Курсовой проект	72				72		ФОС ПА-2 Зачет по курсовому проекту
	Проработка учебного материала	18				18		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108</b>			<b>18</b>	<b>90</b>		
	<b>Итого</b>	<b>288</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>180</b>		



**Курсовое проектирование** проводится в 8-м семестре.

Перечень компетенций, которые должны быть освоены в ходе самостоятельной работы по выполнению курсового проекта под руководством преподавателя кафедры или научного сотрудника одной из лабораторий: ПК-1.3, ПК-1.У, ПК-1.В, ПК-26.3, ПК-26.У, ПК-26.В.

Курсовой проект по ДЛА является продолжающей стадией в изучении специальных дисциплин.

Объем и содержание курсового проекта по ДЛА предполагает знания и навыки студента по естественнонаучным, общепрофессиональным и специальным дисциплинам. Студенту известны основополагающие учебно-методические и справочные источники литературы, включая необходимые для конструирования государственные, межгосударственные и отраслевые стандарты.

При выполнении курсового проекта студент отвечает за обоснованность проектных и конструкторских решений, за качество выполняемых расчетов и оформление конструкторской документации, а также за выполнение проекта в срок.

Перечень рекомендуемых тем курсового проектирования.

Темы курсовых проектов, которые часто выдаются студентам для выполнения:

- Проектирование ДЛА на жидком топливе для 1-й ступени летательного аппарата.
- Проектирование ДЛА для 2-й ступени ЛА.
- Проектирование ДЛА для комбинированной двигательной установки.
- Проектирование энергетической установки для теплового воздействия на нефтеносный грунт.

Тематика курсовых проектов включает различные энергоустановки на жидком топливе. Это маршевые двигатели, различные энергоустановки, двигатели специального назначения, ускорители, вспомогательные двигатели на жидком топливе, стартовые двигатели жидкого топлива, двигатели для летающих мишеней, самолетные ускорители многократного применения, газогенераторы.

Проект содержит графическую и текстовую документацию. В качестве графической части студент представляет разработанную конструкцию двигательной установки, поперечный разрез камеры двигателя в сборе, конструкторский вариант типового агрегата и рабочие чертежи двух нестандартных сопрягаемых между собой деталей, относящихся к камере двигателя или к типовому агрегату. Специальной частью проекта является агрегат из технических систем

ДЛА, который проектируется по прототипу. Общий объем графической части курсового проекта составляет 4-5 листов формата А1.

Текстовая документация курсового проекта представляется студентом в виде расчетно-пояснительной записки, содержащей задание на проект, необходимые расчеты и описание элементов конструкции и принципы работы ДЛА. Проектные расчеты прочности основных силовых элементов конструкции ДЛА и агрегата по специальной части курсового проекта. В пояснительную записку включаются необходимые схемы, графики, таблицы, спецификации на схемы и на сборочные чертежи. Записка оформляется на стандартных листах формата А4. Примерный объем пояснительной записки составляет 40-50 листов.

Консультации по курсовому проекту проводятся еженедельно по согласованию между студентом и руководителем в часы, свободные от аудиторных занятий. При выполнении курсового проекта студенту может быть рекомендована руководителем специальная литература, не входящая в нижеуказанный перечень.

Законченный курсовой проект, подписанный руководителем и студентом, представляется к защите в комиссии, которую утверждает заведующий кафедрой. Защита происходит по расписанию кафедры.

На самостоятельную работу студента над курсовым проектом по дисциплине «Основы проектирования ДЛА» учебным планом отводится 72 часа.

#### **Литература к курсовому проектированию:**

1. Ермолаев В.М. Расчет и проектирование камер ДЛА : учебное пособие / В.М. Ермолаев.- Казань: Изд-во КАИ, 1983.- 67
2. Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов: Метод. указания к курсовому проектированию / П.В. Семенихин, В.М. Ермолаев, А.И. Глазунов. Под ред. проф. А.Ф. Дрегалина.- Казань: Изд-во КАИ, 1992.- 28 с.
3. Проектирование двигателей летательных аппаратов. Учебное пособие / В.М. Ермолаев, Абрамов Ю.Н., Магсумов Т.М. и др. – Казань: КАИ, 1972. – 206 с.
4. Справочник АН СССР. В 10 т. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. – М: ВИНТИ, 1971-1979.
5. Шигапов А.Б. Проточное охлаждение двигателя на жидком топливе. Уч. пособие для курс. и дипломн. проектирования. Казань, КАИ. –1994, –46 с.
6. Справочные данные теплофизических свойств продуктов сгорания различных топлив, необходимых для расчета охлаждения. / Сост. Березанская Е.Л., Курпатенков В.Д., Надеждина Ю.Д. – М.: МАИ, – 1973, – Сб. № 1 – 44 с., Сб. № 2 – 35 с.

7. Основы теории расчета ЖРД. /Под ред. В. М. Кудрявцева. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Высш. школа, 1983. — 703 с.
8. Алемасов В.Е., Дрегаллин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. /Учеб. пособие. / Под ред. Глушко В.П. — М.: Машиностроение, 1989. — 464 с.
9. Атлас конструкций ЖРД. Ч.1 /Сост. Г. Г. Гахун, И.Г. Алексеев, Е.Л Березанская и др. /Под ред. Г.Г. Гахуна — М. : Изд-во МАИ. 1969 — 67с.

## РАЗДЕЛ 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И КРИТЕРИИ ОЦЕНОК ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 3.1 Оценочные средства для текущего контроля

#### Фонд оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Вид оценочных средств	Примечание
1.	Тема 1.1. Тема 1.2. Тема 1.3. Тема 1.4.	ФОС ТК-1	Отчеты о выполнении лаб. и практ. работ. Тест текущего контроля дисциплины
2.	Тема 1.9. Тема 1.10. Тема 1.11. Тема 1.12.	ФОС ТК-2	Отчеты о выполнении лаб. и практ. работ. Тест текущего контроля дисциплины
	Тема 1.1.- 1.16. <b>Аттестация 1</b>	ФОС ПА-1	Тесты промежуточного контроля. Экзамен.
3.	Курсовой проект	ФОС ПА-2	Зачет по курсовому проекту.

#### Типовые оценочные средства для текущего контроля:

1. Основные конструкционные элементы, составляющие ДЛА на жидком топливе.
2. Принципиальное отличие ракетного двигателя от ракетной двигательной установки.
3. Требования к ДЛА на жидком топливе.
4. Работа идеального ДЛА с увеличением степени подогрева:
  - 1 – увеличивается; 3 – имеет максимум;
  - 2 – уменьшается; 4 – имеет минимум.
5. КПД идеального термодинамического цикла ДЛА зависит от:
  - 1 – максимальной температуры газа в цикле;
  - 3 – скорости полета;
  - 2 – суммарной степени повышения давления;
  - 4 – подводимой к рабочему телу теплоте.
6. При подводе теплоты за турбиной КПД цикла:
  - 1 – увеличивается;
  - 2 – уменьшается;
  - 4 – может как увеличиваться, так и уменьшаться.

#### Типовые вопросы по самостоятельной работе студентов

1. Преимущества и недостатки вытеснительной системы топливоподачи.

2. Предпочтительная область применения двигателей с вытеснительной системы подачи топлива.
3. В чём преимущество ДЛА с насосной подачей топлива?
4. Особенности двигательной установки с дожиганием генераторного газа.
5. Принципиальное отличие пневмогидросхемы ДЛА от пирогидросхемы.
6. КПД идеального цикла ДЛА.
7. Сила тяги ДЛА.
8. Как определяют константы уравнения линии рабочих режимов ДЛА.

### **3.2 Оценочные средства для промежуточного контроля.**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации (ФОС ПА) является составной частью рабочей программы дисциплины " Основы проектирования ДЛА", разработан в виде отдельного документа, в соответствии с положением о ФОС ПА.

Первый этап – типовые (тестовые) задания:

- Основные конструкционные элементы камеры ДЛА на жидком топливе.
- Изобразите конструкционную схему охлаждающего тракта камеры.
- Основные типы соединений в конструкции камеры ДЛА.
- Принципы проектирования внутренней стенки камеры сгорания ДЛА.
- Тяговая мощность двигателей изменяемого цикла – это:
  - 1 – работа ДЛА, совершаемая в единицу времени;
  - 3 – работа идеального цикла, совершаемая в единицу времени;
  - 2 – мощность реактивной турбины;
  - 4 – работа, совершаемая силой тяги в единицу времени.
- С увеличением скорости полета полетный КПД ДЛА:
  - 1 – возрастает;
  - 3 – остается постоянным;
  - 2 – уменьшается;
  - 4 – имеет максимум.
- Дозвуковые входные устройства не применяются при больших сверхзвуковых скоростях полета вследствие:
  - 1 – большой степени повышения давления;
  - 3 – больших потерь в прямом скачке;
  - 2 – неустойчивости работы входного устройства;
  - 4 – помпажа входного устройства.

Второй этап– вопросы к комплексному заданию:

- ✓ Теоретические навыки:
  1. Схема проектирования камеры сгорания ДЛА.
  2. Предпочтительные параметры при проектировании камеры сгорания ДЛА.

3. Влияние степени расширения по давлению на энергетические характеристики ДЛА на жидком топливе.
4. Совместная работа компрессора, камеры сгорания и турбины ДЛА при различных законах регулирования.
5. Тяговый комплекс и коэффициент тяги ДЛА.

✓ Практические навыки – решение проектных и конструкторских задач.  
Примеры типовых задач:

1. Выбор конструкционных материалов для камеры сгорания и обоснование этого выбора.
2. Особенности конструкции камеры сгорания для криогенных компонентов топлива.
3. Преимущества стабильных высококипящих топлив в конструкции ДЛА.
4. Нарисовать конструкционную схему камеры сгорания с реактивным соплом с угловой точкой.

### 3.3 Форма и организация промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины проведение промежуточной аттестации проводится в два этапа: **тестирование** и **письменный ответ**.

Первый этап проводится в виде тестирования. Тестирование ставит целью оценить пороговый уровень освоения обучающимися заданных результатов, а так же знаний и умений, предусмотренных компетенциями.

Для оценки превосходного и продвинутого уровня усвоения компетенций проводится второй этап в виде письменного ответа на контрольные вопросы и решение задач.

### 3.4 Критерии оценки промежуточной аттестации

Система оценки промежуточной аттестации

Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций	Выражение в баллах	Словесное выражение
Освоен превосходный уровень усвоения компетенций	от 86 до 100	Отлично
Освоен продвинутый уровень усвоения компетенций	от 71 до 85	Хорошо
Освоен пороговый уровень усвоения компетенций	от 51 до 70	Удовлетворительно
Не освоен пороговый уровень усвоения компетенций	до 51	Неудовлетворительно

## **РАЗДЕЛ 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **4.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).**

#### **4.1.1. Основная литература:**

1. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. В 2-х кн.: учебник для вузов / В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев – М.: Машиностроение, 2013. Кн.1: Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ. - 3-е изд., испр. . - 2013. - 336 с.
2. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. Учебник, 2-е изд., перераб. и доп./Под ред Д.А. Ягодникова М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. - 456с.

#### **1.1.1. Дополнительная литература:**

3. Г.Г. Гахун, В.И. Баулин, В.А. Володин и др. Конструкция и проектирование ЖРД. Учебник для студентов вузов по специальности "Авиационные двигатели и энергетические установки". / Под общей ред. Г.Г. Гахуна, М.: Машиностроение, 1989, - 424 с.
4. Козлов А.А., Новиков В.Н., Соловьев Е.В. Системы питания и управления жидкостных ракетных ДУ. М.: Машиностроение, 1988. – 352с.
5. Альбом конструкций ЖРД. Часть 3 /Под руков. акад. В.П. Глушко. – М.: МО СССР,1969. – 204с.
6. Альбом конструкций ЖРД. Часть 4 /Под руков. акад. В.П. Глушко. – М.: МО СССР,1972 - 210с.
7. Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование. 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 571 с.

#### **Методическая литература к выполнению практических занятий:**

1. Кудрявцев В.М., Дорофеев А.А. и др. Сборник вопросов и задач по основам теории и расчёта ракетных двигателей. Учебное пособие. — Е. Л. Березанская, В. А. Буркальцев, В. Т. Волков и др.; Под ред. В.М. Кудрявцева и А.А. Дорофеева. — М.: Изд-во ЦНИИИТИ КПК, 1995. — 228 с.

2. Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование. 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 571 с.
3. ЖРД РД-170 (11В521) и РД-171 (11Д520).  
<http://www/Lpre.de/energomach/RD-170/>



## Информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 4.2.1. Основное информационное обеспечение

1. Осипов Б.М. Общая теория авиационных и ракетных двигателей [Электронный ресурс]: курс дистанц. обучения по направлению подготовки инженеров 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» ФГОС 3+ / КНИТУ-КАИ, Казань, 2017. – Доступ по логину и паролю. Основы проектирования ДЛА URL [https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content\\_id=\\_246625\\_1&course\\_id=\\_13412\\_1](https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=_246625_1&course_id=_13412_1)
2. Компьютерная программа АС ГРЭТ (Автоматизированная Система Газодинамических Расчетов Энергетических Турбомашин) для проведения практических занятий.
3. Инсталлированные на ПЭВМ каф. АДЭУ; и ПЭВМ преподавателя, ведущего данный курс, САД/САМ системы КОМПАС – график, NX-10.
4. Перельштейн Б. Х. Новые энергетические системы [Текст] : монография <http://www.twirpx.com/user/3419124/>
5. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Справочник. В 10-ти т. / Под ред. акад. В. П. Глушко. – М.: ВИНТИ, 1971 – 1979 гг.
6. Электронные ресурсы:  
<http://qoraknia.org/tehnika/>  
<http://www.seu.ru/cci/lib/books/tehdevat/sessia2/03.html>  
<http://vestnikmach.bmstu.ru/articles/107/html/files/assets/basic-html/index.html#1>  
<http://militaryrussia.ru/blog/topic-671.html>

### 4.2.2. Дополнительное справочное обеспечение.

7. Ягодников, Д.А. Ракетные двигательные установки. Термины и определения: учеб. пособие. [Электронный ресурс] / Д.А. Ягодников, Н.Я. Ирьянов. – Электрон. дан. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 84 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/58406>
8. ГОСТ 9940 – 81 Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия.
9. ГОСТ 5632 – 72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.

## 4.3. Кадровое обеспечение

### 4.3.1. Базовое образование

Высшее образование в предметной области двигателя летательных аппаратов и наличие ученой степени и/или ученого звания в указанной области и/или

наличие дополнительного профессионального образования – профессиональной переподготовки в области двигателя летательных аппаратов и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю преподаваемой дисциплины.

#### **4.3.2 Профессионально-предметная квалификация преподавателей**

Наличие научных и/или методических работ по организации или методическому обеспечению образовательной деятельности по направлению двигателя летательных аппаратов, выполненных в течение трех последних лет.

#### **4.3.3 Педагогическая (учебно-методическая) квалификация преподавателей**

К ведению дисциплины допускаются кадры, имеющие стаж научно-педагогической работы (не менее 3 лет); практический опыт работы в области двигателя летательных аппаратов на должностях ведущих специалистов более 3 последних лет.

Обязательное прохождение повышения квалификации (стажировки) не реже чем один раз в три года соответствующее области двигателя летательных аппаратов, либо в области педагогики.