

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) ИАНТЭ

Кафедра Реактивные двигатели и энергетические установки.

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе

«Теория и расчет ТНА»

Регистрационный номер **1130/с-65**

Индекс по учебному плану: **Б1.В.ДВ.05.01**

Направление подготовки: **24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов»**

Квалификация: **бакалавр**

Профиль подготовки: **«Ракетные двигатели»**

Вид(ы) профессиональной деятельности: **проектно-конструкторская**

Разработана профессором кафедры РДиЭУ д.т.н. Г.А. Глебовым

Казань 2017 г.

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

1.1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

Цель дисциплины: формирование у будущих бакалавров знаний о турбонасосных агрегатах, как элементах ракетных двигателей летательных аппаратов и энергоустановок; освоение современных методик расчета и проектирования насосов и турбин различного назначения; изучение физических процессов течения рабочего тела в одной ступени и многоступенчатых турбомашинах; изучение конструктивных особенностей, способов регулирования и охлаждения элементов двигателей летательных аппаратов.

1.2. Задачи дисциплины (модуля)

Основные задачи дисциплины:

- изучить теоретические основы физических процессов в турбонасосных агрегатах ракетных двигателей и энергоустановках различного назначения;
- получить развернутое представление о влиянии режимных и конструктивных параметров на надежную работу насосов и турбин двигателей летательных аппаратов в процессе эксплуатации;
- освоить современные методы проектирования и расчета турбомашин.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО

Дисциплина «Теория и расчет турбонасосных агрегатов» входит в состав Вариативного модуля Блока 1, и является дисциплиной по выбору.

1.4 Перечень компетенций, которые должны быть реализованы в ходе освоения дисциплины

Формируемые компетенции

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
ПК-1 - способность принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования			
Знание - методов расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА. (ПК-1.3)	Знание - методов расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА. (ПК-1.3)	Знание - методов расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА. (ПК-1.3)	Знание - методов расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА. (ПК-1.3)

<p>Умение - применять методы расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА в соответствии с техническими заданиями. (ПК-1.У)</p>	<p>Умение - применять методы расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА в соответствии с техническими заданиями. (ПК-1.У)</p>	<p>Умение - применять методы расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА в соответствии с техническими заданиями. (ПК-1.У)</p>	<p>Умение - применять методы расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА в соответствии с техническими заданиями. (ПК-1.У)</p>
<p>Владение - навыками расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА с использованием САПР. (ПК-1.В)</p>	<p>Владение - навыками расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА с использованием САПР. (ПК-1.В)</p>	<p>Владение - навыками расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА с использованием САПР. (ПК-1.В)</p>	<p>Владение - навыками расчета и конструирования отдельных деталей и узлов ДЛА с использованием САПР. (ПК-1.В)</p>
<p>ПК-3 - способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений</p>			
<p>Знание требований, предъявляемых к разработке проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.3)</p>	<p>Знание требований, предъявляемых к разработке проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.3)</p>	<p>Знание требований, предъявляемых к разработке проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.3)</p>	<p>Знание требований, предъявляемых к разработке проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.3)</p>
<p>Умение демонстрировать способность проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.У)</p>	<p>Умение демонстрировать способность проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.У)</p>	<p>Умение демонстрировать способность проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.У)</p>	<p>Умение демонстрировать способность проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.У)</p>

<p>Владение способностью проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.В)</p>	<p>Владение способностью проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.В)</p>	<p>Владение способностью проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.В)</p>	<p>Владение способностью проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при создании ракетных двигателей и энергетических установок. (ПК-3.В)</p>
<p>ПК-4 - способность составлять описание принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений</p>			
<p>Знание конструкции, принципов действия ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин. (ПК-4.3)</p>	<p>Знание типовых конструкций, принципов действия ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин.</p>	<p>Знание современных конструкций, принципов действия ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин.</p>	<p>Знание методов проектирования современных ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин и способов повышения их эффективности.</p>
<p>Умение составлять описание принципов действия ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин. (ПК-4.У)</p>	<p>Умение составлять описание принципов действия типовых ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин</p>	<p>Умение составлять описание принципов действия современных ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин.</p>	<p>Умение составлять описание принципов действия и устройства современных ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин.</p>
<p>Владение навыками обоснования принятых технических решений при проектировании ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин. (ПК-4.В)</p>	<p>Владение навыками обоснования принятых технических решений при проектировании типовых ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин.</p>	<p>Владение навыками обоснования принятых технических решений при проектировании современных ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин.</p>	<p>Владение на высоком уровне навыками обоснования принятых технических решений при проектировании современных ракетных двигателей и энергетических лопаточных машин.</p>

РАЗДЕЛ 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

2.1 Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость и применяемые образовательные технологии

Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Виды учебной работы	Общая трудоемкость		Семестры			
	в ЗЕ	в час	5		6	
			в ЗЕ	в час	в ЗЕ	в час
Общая трудоемкость дисциплины	8	288	5	180	3	108
<i>Аудиторные занятия</i>	<i>3,5</i>	<i>126</i>	<i>2,0</i>	<i>72</i>	<i>1,5</i>	<i>54</i>
Лекции	2,0	72	1,5	54	0,5	18
Лабораторные работы	1,0	36	0,5	18	0,5	18
Практические занятия	0,5	18			0,5	18
<i>Самостоятельная работа студента</i>	<i>4,5</i>	<i>162</i>	<i>3,0</i>	<i>108</i>	<i>1,5</i>	<i>54</i>
Проработка учебного материала	2,5	90	2,0	72	0,5	18
Курсовой проект						
Курсовая работа	1,0	36			1,0	36
Подготовка к промежуточной аттестации (зачету/экзамену)	1,0	36	1,0	36		
Промежуточная аттестация			Экзамен		Зачет с оценкой по курсовой работе, Зачет	

2.2 Структура дисциплины, ее трудоемкость

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.		
5 СЕМЕСТР							
<i>Раздел 1. ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ С ТУРБОНАСОСНОЙ СИСТЕМОЙ ПОДАЧИ</i>						<i>ФОС ТК-1</i>	
Тема 1.1. Введение	6	2			4		Текущий контроль
Тема 1.2. Расчет гидравлических характеристик системы подачи. Топливные баки, арматура систем подачи, системы управления и регулирования ЖРД.	8	4			4	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль
<i>Раздел 2. НАСОСЫ ЖРД</i>						<i>ФОС ТК-2</i>	
Тема 2.1. Сравнение насосов редких типов: объемные насосы, насосы трения, струйные насосы, лопаточные насосы	10	2	4		4	ПК-1.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 2.2. Шнекоцентробежные насосы. Схемы устройств. Рабочие органы. Гидравлические потери	10	4			6	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.3. Потери на утечки. Дисковые и механические потери	6	2			4	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.4. КПД насоса: расходный, дисковый, механический, полный КПД	6	2			4	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.5. Основные насосы. Схема устройства, энергетические характеристики	8	4			4	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.6. Кавитация в насосах ЖРД	6	2			4	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.7. Выбор конструктивных параметров шнекоцентробежного насоса	6	2			4	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль
<i>Раздел 3. ТУРБИНЫ ЖРД</i>						<i>ФОС ТК-3</i>	
Тема 3.1. Основные особенности турбин	8	4			4	ПК-1.3,У,В ПК-3.У,В	Текущий контроль

Тема 3.2. Ступень осевой турбины. Основные понятия и соотношения	8	4			4	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В	Текущий контроль
Тема 3.3. Одноступенчатая радиальная турбина. Выбор конструктивных параметров	14	4	4		6	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 3.4. Расширение газа в решетках и соплах с косым срезом	8	4			4	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль
Тема 3.5. Профилирование решеток и сопел	13	4	5		4	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
<i>Раздел 4. ОБТЕКАНИЕ РЕШЕТОК ГАЗОМ</i>							<i>ФОС ТК-4</i>
Тема 4.1. Обтекание профилированных решеток при дозвуковых скоростях	11	4	3		4	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 4.2. Обтекание профилированных решеток при сверхзвуковых скоростях	10	4	2		4	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 4.3. Режимы «запирания» рабочей решетки. Высота и ширина сопловой решетки. Степень парциальности	6	2			4	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Экзамен	36				36	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В	<i>ФОС ПА-1</i>
Итого за семестр	180	54	18		108		
6 СЕМЕСТР							
<i>Раздел 5. ТЕОРИЯ ТУРБИН</i>							<i>ФОС ТК-5</i>
Тема 5.1. Принцип действия турбины.	3	1			2	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.2. Одноступенчатые турбины. Основные требования к газовым турбинам. Радиальные турбины.	8	2	5		1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 5.3. Многоступенчатые осевые турбины со ступенями давления и скорости.	5	2		2	1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.4. Одномерная теория течения газа в сопловых решетках. Расширение газа в соплах на нерасчетных режимах.	4	2			2	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.5. Одномерная теория течения газа в каналах рабочих лопаточных решеток. Процесс	5	2		2	1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль

расширения газа в реактивной и активной ступенях на i-s диаграмме.							
Тема 5.6. Особенности расширения газа в охлаждаемых сопловых и рабочих решетках. Расширение газа в косом срезе межлопаточного канала турбинной решетки.	2	1			1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.7. Аэродинамические основы теории турбомашин.	3	1			2	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.8. Потери энергии в турбинной решетке. Влияние геометрии и параметров решетки на ее к.п.д.	5	2		2	1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.9. Построение формы профиля лопатки и межлопаточного канала. Особенности пространственного потока в проточной части турбины. Различные методы закрутки лопаток.	4	1		2	1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.10. Коэффициент полезного действия ступени и турбины.	4	1		2	1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.11. Коэффициент нагрузки турбинной ступени. Особенности теплового процесса многоступенчатой турбины.	6	1		4	1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.12. Расчет турбины со ступенями давления. Особенности предварительного расчета турбины.	5			4	1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.13. Работа турбины на нерасчетных режимах	6	1	4		1	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
<i>Раздел 6. РАБОТА НАСОСОВ И ТУРБИНЫ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ ЖРД</i>							ФОС ТК-6
Тема 6.1. Выбор и оптимизация основных параметров ТНА	6	1	4		1	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 6.2. Работа насосов и турбины при регулировании ЖРД	6		5		1	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Курсовая работа	36				36	ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В	ФОС ПА-2
Зачет						ПК-1.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В	ФОС ПА-3
ИТОГО за семестр:	108	18	18	18	54		
ИТОГО за курс	288	72	36	18	162		

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

3.1 Оценочные средства для текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля (ФОС ТК) является составной частью учебно-методического комплекса дисциплины и хранится на кафедре.

Фонд оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела	Вид оценочных средств	Примечание
1	2	3	4
1.	Двигательные установки с турбонасосной системой подачи	ФОС ТК-1	Тест текущего контроля дисциплины по первому разделу (модулю) (ФОС ТК-1).
2.	Насосы ЖРД	ФОС ТК-2	Контрольные вопросы по лабораторной работе. Тест текущего контроля дисциплины по второму разделу (модулю) (ФОС ТК-2).
3	Турбины ЖРД	ФОС ТК-3	Контрольные вопросы по лабораторной работе. Тест текущего контроля дисциплины по третьему разделу (модулю) (ФОС ТК-3).
4	Обтекание решеток газом	ФОС ТК-4	Контрольные вопросы по лабораторной работе. Тест текущего контроля дисциплины по четвертому разделу (модулю) (ФОС ТК-4).
5	Теория турбин	ФОС ТК-5	Контрольные вопросы по лабораторной работе. Тест текущего контроля дисциплины по пятому разделу (модулю) (ФОС ТК-5).
6	Работа насосов и турбины в системе питания ЖРД	ФОС ТК-6	Контрольные вопросы по лабораторной работе. Тест текущего контроля дисциплины по шестому разделу (модулю) (ФОС ТК-6).

3.2 Оценочные средства для промежуточного контроля

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации (ФОС ПА) является составной частью РП дисциплины, разработан в виде отдельного документа, в соответствии с положением о ФОС ПА.

3.3 Форма и организация промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины зачет проводится в два этапа: **тестирование** и выполнение **письменного задания**.

Первый этап проводится в виде тестирования. **Тестирование** ставит целью оценить **пороговый** уровень освоения обучающимися знаний и умений, предусмотренных компетенциями.

Для оценки **превосходного и продвинутого** уровня усвоения компетенций проводится **Второй этап** в виде **письменного задания**, в которое входит письменный ответ на контрольные вопросы и решение задачи.

3.4 Критерии оценки промежуточной аттестации

Результаты промежуточного контроля заносятся в АСУ «Деканат» в баллах.

Таблица 5

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	Зачтено
Освоен продвинутый уровень усвоения компетенций	от 71 до 85	Зачтено
Освоен пороговый уровень усвоения компетенций	от 51 до 70	Зачтено
Не освоен пороговый уровень усвоения компетенций	до 51	Не зачтено

РАЗДЕЛ 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1.1 Основная литература

1. Сахин В.В. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2. Газовые турбины. Теплообменные аппараты: учебное пособие. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 172 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/75162> – Загл. с экрана.
2. Овсянников Б.В., Боровский Б.И. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей. – М.: Машиностроение, 1979. – 344 с.

4.1.2. Дополнительная литература

1. Ржавин Ю.А., Емин О.Н., Карасев В.Н. Лопаточные машины двигателей летательных аппаратов. Теория и расчет: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. – 700 с.
2. Локай В.И., МаксUTOва М.К., Стрункин В.А. «Газовые турбины двигателей летательных аппаратов». М.: Машиностроение. 1991, 511с.
3. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. Д.А. Ягодникова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. - 461 с. (на кафедре РД и ЭУ.)
4. Овсянников Б.В., Боровский Б.И. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей. – М.: Машиностроение, 1979. – 344 с.

4.1.3 Методические рекомендации для студентов, в том числе по выполнению самостоятельной работы

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному, практическому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Успешное усвоение материала обеспечивается посещением лекций, лабораторных, практических занятий и изучением тем самостоятельной работы, предоставляемым каждому студенту в электронном виде, а также выполнением курсовой работы.

4.1.4. Методические рекомендации для преподавателей

Успешное освоение материала обеспечивается тесной связью теоретического материала, преподносимого на лекциях и теоретико-экспериментальной работой студентов на лабораторных и практических занятиях.

4.2 Информационное обеспечение дисциплины

4.2.1 Основное информационное обеспечение

1. Щукин А.В. Теория и расчет лопаточных машин [Электронный ресурс]: курс дистанц. обучения бакалавров по направлению 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов», ФГОСЗ+(ИАНТЭ)/ КНИТУ-КАИ, Казань, 2016.- Доступ по логину и паролю. URL: https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=_132924_1&course_id=_10750_1

2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru/> Компания ООО «РУНЭБ». Контракт № 154 ЕП от 21.06.12 (архив на 10 лет) Лицензионное соглашение №735 от 05.09.2003 (бессрочно)

3. Электронная библиотека КНИТУ-КАИ (полнотексты изданий университета) Правообладатель НТБ КНИТУ-КАИ <http://elibrary.kai.ru/dsweb/Home Page>

4.2.2. Дополнительное справочное обеспечение

1. ГОСТ Р 53374-2009 Двигатели ракетные жидкостные. Общие требования по изготовлению и контролю качества при поставке в эксплуатацию.