

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

Институт авиации, наземного транспорта и энергетики

Кафедра Реактивных двигателей и энергетических установок

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе

«Теория лопаточных машин»

Индекс по учебному плану: Б1.В.07

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**

Разработчик доцент каф. ТиЭМ Ерзиков А.М

Казань 2017 г.

РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель изучения дисциплины

Формирование у студентов знаний о лопаточных машинах, как элементах газотурбинных двигателей летательных аппаратов и энергоустановок; освоение современных методик расчета и проектирования компрессоров и турбин различного назначения; изучение физических процессов течения рабочего тела в одной ступени и многоступенчатых турбомашин; изучение конструктивных особенностей, способов регулирования и охлаждения элементов двигателей летательных аппаратов.

1.2 Задачи дисциплины

- изучить теоретические основы физических процессов в лопаточных машинах газотурбинных двигателей и энергоустановок различного назначения;

- получить развернутое представление о влиянии режимных и конструктивных параметров на надежную работу компрессоров и турбин двигателей летательных аппаратов в процессе эксплуатации;

- освоить современные методы компьютерного проектирования и расчета турбомашин.

1.3 Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Теория лопаточных машин» входит в Блок 1 вариативной части. Дисциплина закладывает знания, необходимые для освоения последующих дисциплин, связанных с изучением рабочих процессов в лопаточных энергетических машинах различного назначения, особенностями их конструкции, эксплуатации и компьютерного проектирования. Для успешного освоения программы студент должен знать: разделы учебных дисциплин «термодинамики», «механики жидкости и газа», «прикладных информационных технологий», «теоретической механики», «начертательной геометрии и инженерной графики», «деталей машин». Дисциплина непосредственно связана с дисциплинами Б1.В.04 «Основы проектирования летательных аппаратов», Б1.В.11 «Общая теория авиационных и ракетных двигателей», Б1.В.13 «Основы проектирования ДЛА», а также с тематикой дипломного проекта специалиста. По окончании прохождения дисциплины студент должен обладать профессиональными компетенциями ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5.

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

В ходе прохождения практики «Теория лопаточных машин» должны быть реализованы компетенции:

ПК-1 – способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;

ПК-2 – способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;

ПК-3 – способностью проводить технико-экономическое обоснование проектных решений;

ПК-4 – участием в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий и технологических процессов;

ПК-5 – способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений;

РАЗДЕЛ 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

2.1 Структура дисциплины, ее трудоемкость

Таблица 1

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.		
Модуль 1. Основные понятия теории турбомашин							<i>ФОС ТК-1</i>
Тема 1.1 Введение	6	3			3	ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 1.2 Особенности рабочих процессов в авиационных двигателях и лопаточных	6	3			3	ПК-1.3,У,В	Текущий контроль

энергетических машинах.						ПК-5.3,У,В	
Модуль 2. Теория осевых компрессоров							<i>ФОС ТК-2</i>
Тема 2.1 Схема и действие ступени компрессора.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.2 Основные параметры ступени, теория подобия. Лопаточные решетки.	9	2	4		3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 2.3 Силовое взаимодействие лопаток с воздухом.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.4 Потери в лопаточных решётках.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.5 Многоступенчатые компрессоры.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.6 Основы проектирования проточной части компрессора.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 2.7 Основы расчета пространственного потока в проточной части компрессора.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Модуль 3. Теория центробежных компрессоров и насосов ЖРД							<i>ФОС ТК-3</i>
Тема 3.1 Основные узлы центробежного компрессора и основы процесса сжатия воздуха в нем.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 3.2 Функциональное назначение и схемы основных узлов центробежного компрессора.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 3.3 Потери энергии в центробежном компрессоре. Характеристики осевых компрессоров.	5	2	-		3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 3.4 Запас устойчивой работы компрессоров и их регулирование.	10	2	5		3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 3.5 Центробежные насосы и шнекоцентробежные	10	2	5		3	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В	Отчет о выполнении

насосы ЖРД.						ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	лабораторной работы
Модуль 4. Конструкция компрессоров и насосов							<i>ФОС ТК-4</i>
Тема 4.1 Проектирование проточной части осевого компрессора. Конструкция лопаток и дисков.	10	2	4		4	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Отчет о выполнении лабораторной работы
Тема 4.2 Роторы компрессоров. Конструктивное выполнение соединений в роторах смешанной и дисковой конструкций.	6	2	-		4	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 4.3 Конструктивное выполнение корпусов и воздушных уплотнений. Регулирование радиального зазора в ступенях компрессоров.	6	2	-		4	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Экзамен	36				36	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	ФОС ПА-1
Всего в 6 семестре	144	36	18	-	90		
Модуль 5. Теория турбин							<i>ФОС ТК-5</i>
Тема 5.1 Принцип действия турбины.	4	2	-	-	2	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.2 Одноступенчатые турбины. Основные требования к газовым турбинам. Радиальные турбины. Применение турбин в ТНА.	4	2	-	-	2	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.3 Многоступенчатые осевые турбины со ступенями давления и скорости.	4	2	-	-	2	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.4 Одномерная теория течения газа в сопловых решетках. Расширение газа в соплах на нерасчетных режимах.	4	2	-	-	3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль

Тема 5.5 Одномерная теория течения газа в каналах рабочих лопаточных решеток. Процесс расширения газа в реактивной и активной ступенях на <i>i-s</i> диаграмме.	4	2	-	-	3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.6 Особенности расширения газа в охлаждаемых сопловых и рабочих решетках. Расширение газа в косом срезе межлопаточного канала турбинной решетки. Аэродинамические основы теории турбомашин.	4	2	-	-	3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.7 Потери энергии в турбинной решетке. Влияние геометрии и параметров решетки на ее КПД.	2	2	-	-	3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.8 Построение формы профиля лопатки и межлопаточного канала. Особенности пространственного потока в проточной части турбины. Различные методы закрутки лопаток.	8	-	-	6	3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.9 Коэффициент полезного действия ступени и турбины.	5	2	-	-	3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.10 Коэффициент нагрузки турбинной ступени. Особенности теплового процесса многоступенчатой турбины.	5	2	-	-	3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Тема 5.11 Расчет турбины со ступенями давления. Особенности предварительного расчета турбины.	9	-	-	6	3	ПК-1.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Модуль 6. Конструкция турбин							<i>ФОС ТК-6</i>
Тема 6.1 Охлаждение деталей турбины.	7	-	-	4	3	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В	Текущий контроль

						ПК-5.3,У,В	
Тема 6.2 Конструкция газовых турбин.	5	-	-	2	3	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	Текущий контроль
Курсовой проект	36				36	ПК-1.3,У,В ПК-2.3,У,В ПК-3.3,У,В ПК-4.3,У,В ПК-5.3,У,В	<i>ФОС ПА-2 защита курсовой работы</i>
Всего в 7 семестре	108	18	-	18	72		
ИТОГО:	252	54	18	18	162		

РАЗДЕЛ 3 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

3.1.1 Основная литература

1. Кулагин, В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. В двух книгах. Книга первая. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ / В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев. – М.: Машиностроение, 2013. – 336 с. – Режим доступа: 20 экз. в НТБ КНИТУ-КАИ.

2. Кулагин, В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. В двух книгах. Книга вторая. Совместная работа узлов выполненного двигателя и его характеристики / В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев. – Электрон. дан. – М.: Машиностроение, 2013. – 280 с. – Режим доступа: 20 экз. в НТБ КНИТУ-КАИ.

3. 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.

4. Иванов, В.Л. Воздушное охлаждение лопаток газовых турбин. [Электронный ресурс] Электрон. дан. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 94 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/52264> - Загл. с экрана.

5. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для студ. вузов / М. В. Добровольский; под ред. Д. А. Ягодникова. - 3-е изд., доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 461 с. – Режим доступа 9 экз. в НТБ КНИТУ-КАИ.

3.1.2 Дополнительная литература

1. Ржавин Ю.А., Емин О.Н., Карасев В.Н. Лопаточные машины двигателей легательных аппаратов. Теория и расчет: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. – 700 с.

2. Локай В.И., Максимова М.К., Стрункин В.А. «Газовые турбины двигателей летательных аппаратов». М.: Машиностроение. 1991, 511 с.

3. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. – 3-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 584 с.

4. Горюнов Л.В. Расчет газодинамических процессов в осевых компрессорах энергетических машин: учебное пособие / Л.В. Горюнов, В.В. Такмовцев, А.В. Ильинков, А.М. Ерзиков. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – 188 с.

5. Щукин А.В., Ильинков А.В., Лиманский А.С., Такмовцев В.В. Расчет и проектирование систем охлаждения турбинных лопаток высокотемпературных ГТД и ГТУ: Учебное пособие. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. – 148 с.

6. Горюнов Л.В., Ильинков А.В., Такмовцев В.В. Расчеты на прочность основных элементов газотурбинных установок с использованием компьютерных технологий: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. – 108 с.

7. Овсянников Б. В., Боровский Б. И. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей: учеб. для авиац. спец. вузов – 2-е изд. перераб. доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 344 с.

3.2 Информационное обеспечение дисциплины

3.2.1 Основное информационное обеспечение

1. Ерзиков А.М. Теория лопаточных машин [Электронный курс]: курс дистанц. обучения по направлению 24.05.2 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, специализация № 7 «Проектирование систем охлаждения и устройств тепловой защиты в авиационных и ракетных двигателях ». ФГОСЗ+(ИАНТЭ)/КНИТУ–КАИ, Казань 2017. Доступ по логину и паролю. URL:

https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=242318_1&course_id=13178_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 КНИГУ-КАИ (полнотексты изданий университета) Правообладатель НТБ КНИТУ-КАИ

<http://e-library.kai.ru/dsweb/HomePage>

3.2.2 Дополнительное справочное обеспечение

1. ГОСТ Р 51852-2001 Установки газотурбинные. Термины и определения
2. ГОСТ Р 52526-2006 Установки газотурбинные с конвертируемыми авиационными двигателями.
3. ГОСТ Р 53541-2009 - Авиационные двигатели и их узлы

3.3 Кадровое обеспечение

3.3.1 Базовое образование

Высшее образование в области энергетического машиностроения и /или наличие ученой степени и/или ученого звания в указанной области и /или наличие дополнительного профессионального образования – профессиональной переподготовки в области энергетического машиностроения и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю практики.

Лист регистрации изменений и дополнений

№ п/п	№ страницы внесения изменений	Дата внесения изменения	Краткое содержание изменений (основание)
1	1	01.02. 2019	Изменение наименования учредителя университета. В соответствии с утверждением устава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский университет им. А.Н. Туполева-КАИ» в новой редакции (Приказ № 1042 от 26.11.2018) наименование «Министерство образования и науки Российской Федерации» читать как «Министерство науки и высшего образования Российской Федерации»