

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Авиационной теплотехники и теплоэнергетики

**АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАТОК ТУРБИН ДЛА ПРИ ПОМОЩИ ANSYS CFX»**

Уровень подготовки  
высшее образование - магистратура  
(высшее образование - бакалавриат; высшее образование – специалитет, магистратура)

Направление подготовки (специальность)  
24.04.05. Двигатели летательных аппаратов  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность подготовки (профиль, специализация)  
Авиационная и ракетно-космическая теплотехника  
(наименование профиля подготовки, специализации)

Квалификация (степень) выпускника  
магистр

Форма обучения  
очная

Уфа 2017

Исполнители:

доц. каф. АТиТ  Кишалов А.Е.  
должность подпись расшифровка подписи

Заведующий кафедрой

АТиТ  Бакиров Ф.Г.  
наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи

## Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Расчет теплового состояния лопаток турбин ДЛА при помощи ANSYS CFX» является обязательной дисциплиной вариативной части учебного цикла Б1.В.ОД.3.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "08" апреля 2015 г. № 373.

### Целью освоения дисциплины является:

- освоение магистрами основных методов и средств расчета теплового состояния лопаток турбин ДЛА с помощью современных пакетов термогазодинамического моделирования (на примере пакета ANSYS CFX) в научно-исследовательской и практической деятельности;
- приобретение магистрами практических навыков анализа теплового состояния рабочих лопаток турбин;
- формирование способностей к организации работы небольшого коллектива работников для решения задач в сфере своей профессиональной деятельности;
- формирование способностей решать научные или инженерно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности.

### Задачи дисциплины подразделяются на

- учебные;
- воспитательные;
- развивающие.

### Учебными задачами дисциплины являются:

- формирование у студентов системы знаний по основам расчета теплового состояния лопаток турбин ДЛА при помощи прикладного программного комплекса для гидрогазодинамического моделирования ANSYSCFX;
- формирование у студентов знаний и умений по формулированию и постановке задач дисциплины, выбору и использованию соответствующих законов, формул и различных математических моделей, способностей к организации работы небольшого коллектива работников для решения задач в сфере своей профессиональной деятельности;
- формирование у студентов способностей и навыков проведения расчетов, анализа и интерпретации результатов расчетов, способностей применять на практике методы расчетов отдельных элементов исследуемых систем.

### Воспитательными задачами дисциплины являются:

- формирование у студентов убежденности в необходимости непрерывного обучения при работе по специальности, уверенности в своих силах и возможностях.

### Развивающей задачей дисциплины является:

- развитие у студента системного логического мышления.

### Входные компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции*	Название дисциплины (модуля), сформировавшего данную компетенцию
1	Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и	ОК-6	Базовый уровень	Расчёт теплообменных процессов в элементах конструкций ДЛА в пакете ANSYS

	умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности			
2	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности	ПК-4	Базовый уровень	<p>Прикладные программные комплексы для термогазодинамического моделирования ВРД и наземных ЭУ или Анализ рабочих процессов в наземных и авиационных энергоустановках при помощи прикладных программных комплексов</p> <p>Расчёт теплообменных процессов в элементах конструкций ДЛА в пакете ANSYS</p> <p>Прочность теплонапряжённых элементов конструкции ДЛА</p> <p>Разработка САД-моделей сложных технических объектов или 3Дтвёрдотельное моделирование элементов ДЛА</p>
3	Способность осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений	ПК-5	Базовый уровень	Расчёт теплообменных процессов в элементах конструкций ДЛА в пакете ANSYS
4	Способность проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемых изделий	ПК-6	Базовый уровень	Расчёт теплообменных процессов в элементах конструкций ДЛА в пакете ANSYS

*\*- **пороговый уровень** дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;*

*-**базовый уровень** позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;*

*-**повышенный уровень** предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.*

Исходящие компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Название дисциплины (модуля), для которой данная компетенция является входной
1	Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	ОК-6	Базовый уровень	Научно-производственная практика; НИР
	Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	ОК-6	Повышенный уровень	Преддипломная практика
2	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности	ПК-4	Базовый уровень	Научно-производственная практика;
	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности	ПК-4	Пороговый уровень	НИР
3	Способность осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений	ПК-5	Базовый уровень	НИР
4	Способность проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемых изделий	ПК-6	Пороговый уровень	НИР

### Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих

компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	ОК-6	Источники информации по направлению исследований и совокупность основных методов решения поставленных задач	Использовать данные научно-технической информации для решения поставленных задач, выбирать методы их решения	Методикой поиска, анализа и систематизации информации для решения поставленных задач; владеть методикой подбора методов и средств решения задач
2	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности	ПК-4	Средства автоматизированного проектирования и трёхмерного численного моделирования сложных технических изделий и основные методы, используемые при проектировании	Работать в средствах автоматизированного проектирования и создавать геометрическую модель исследуемого объекта, произвести необходимые расчёты	Методикой проектирования сложных технических изделий в средствах автоматизированного проектирования
3	Способность осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений	ПК-5	Основные существующие методы расчетов высокотемпературных газовых турбин и их отдельных элементов и методы оценки их эффективности	Подготавливать исходные данные для анализа, производить анализ теплового состояния отдельных элементов газовых турбин и оценивать действующие на них нагрузки. Уметь производить оценку эффективности отдельных элементов газовых турбин ДЛА	Методикой технических расчетов высокотемпературных газовых турбин и их отдельных частей и оценки их эффективности
4	Способность проводить патентные исследования с	ПК-6	Конструктивные особенности современных газовых турбин	Составлять техническое описание конструкции и	Методиками составления научно-технического

целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемых изделий			принципа действия моделируемых узлов и деталей, проводить необходимые патентные исследования	отчёта по выполненному исследованию, оформления патентов на изобретения
--	--	--	--	---

### Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

Трудоемкость дисциплины по видам работ

Вид работы	Трудоемкость, час.	
	2 семестр	Всего
Лекции (Л)	10	10
Практические занятия (ПЗ)	2	2
Лабораторные работы (ЛР)	32	32
КСР	4	4
Курсовая проект работа (КР)	-	-
Расчетно - графическая работа (РГР)	-	-
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	87	87
Подготовка и сдача экзамена	-	-
Подготовка и сдача зачета	9	9
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Зачёт с оценкой	Зачёт с оценкой

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, рекомендуемая студентам	Виды интерактивных образовательных технологий
		Аудиторная работа				СРС	Всего		
		Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	Введение. Основные понятия и определения.	1			0,5	11	12,5	Р.6.1 - № 1 Р.6.1 - № 2 Р.6.2 - № 4	
2	Особенности конструкции турбин современных ГТД и их систем охлаждения. Особенности моделирования турбин в ANSYS CFX.	2		4	0,5	18	24,5	Р.6.1 - № 1 Р.6.2 - № 1	Классическая лекция с мультимедийным сопровождением
3	Специализированные системы для моделирования лопаточных машин. Неравномерность и не стационарность на входе в турбину.	2	2	8	1	20	33	Р.6.2 - № 2 Р.6.2 - № 3	Обучение на основе опыта
4	Моделирование лопаток турбин с различными системами охлаждения.	4		12	1	20	37	Р.6.1 - № 3 Р.6.4 - № 1	Работа в команде, анализ реальных проблемных ситуаций
5	Моделирование лопаток со сложными многослойными покрытиями.	1		8	1	18	28	Р.6.1 - № 1 Р.6.4 - № 1	Работа в команде, анализ реальных проблемных ситуаций
	<b>Всего</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>87</b>	<b>135</b>		

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 36 % от общего количества аудиторных часов по дисциплине «Расчёт теплового состояния лопаток турбин ДЛТ при помощи ANSYS CFX».

## Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Специализированные системы разработки 3D-моделей лопаточных машин и генерации сетки	4
2, 3	3	Построение геометрических моделей лопаток в ANSYSDesignModeler и освоение методов построения конечно-элементной сетки в ANSYSMeshing	8
4	4	Моделирование сопловых лопаток турбин	4
5	4	Моделирование рабочих лопаток турбин с компланарными каналами	4
6	4	Моделирование рабочих лопаток турбин с конвективно-плёночным охлаждением	4
7	5	Моделирование выпуска воздуха через отверстия охлаждения	4
8	5	Моделирование теплового состояния рабочих лопаток турбин с термобарьерным покрытием	4

## Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	3	Подготовка исходных данных для численного моделирования лопаток турбины	2

### Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

#### Основная литература

1. Кривошеев И. А. Автоматизация проектирования двигателей на стадии ОКР. Организация системного функционального и конструкторского проектирования двигателей / И. А. Кривошеев - Москва: Машиностроение, 2010 - 186 с.
2. Газизов, Р.К. Основы компьютерного моделирования технических систем: учебное пособие / Р.К. Газизов, С.Ю. Лукашук, А.А. Соловьев. – Уфа: УГАТУ, 2008. – 143 с.
3. Локай В. И. Газовые турбины двигателей летательных аппаратов / В. И. Локай, М. К. Максимова, В. А. Стрункин. – Москва: Машиностроение, 1991. – 512 с.

#### Дополнительная литература

1. Аронов Б. М. Профилирование лопаток авиационных газовых турбин / Б. М. Аронов, М. И. Жуковский, В. А. Журавлев; под ред. М. И. Жуковского - М.: Машиностроение, 1975 - 191с.
2. Термогазодинамическое моделирование авиационных двигателей и их элементов: Лабораторный практикум по дисциплине «Математическое моделирование авиационных двигателей и энергетических установок» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т.; Сост.: Д. А. Ахмедзянов, А. Е. Кишалов. – Уфа, 2012. – 90 с.
3. Басов, К. А. Графический интерфейс комплекса ANSYS [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей высших технических учебных заведений / К. А. Басов. — Москва : ДМК Пресс, 2008. — 248 с. — Доступ по логину и паролю из сети Интернет.—ISBN 5-94074-074-X. — <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\_cid=25&pl1\_id=1290>.



4. Верхотуркин, Е. Ю. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench: учеб. пособие по курсу «Геометрическое моделирование в САПР» : / Верхотуркин Е.Ю., Пашенко В.Н., Пясецкий В.Б. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2013. — ISBN 978-5-7038-3691-0. — <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=58419](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=58419)>.

#### **Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

#### **Методические указания к лабораторным занятиям**

1. Кудоярова В. М. Решение прикладных задач теплообмена и гидрогазодинамики в пакете ANSYS: учебное пособие / В. М. Кудоярова, А. Е. Кишалов. – Уфа: УГАТУ, 2016. – 219 с.

#### **Образовательные технологии**

При реализации ООП дистанционные образовательные технологии, электронное обучение, а также сетевое обучение не реализуется.

#### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные занятия: электронный конспект лекций, учебные кинофильмы в компьютерном классе, проектор (ауд. 2-101, 2-106а, 2-302).

Лабораторные занятия: компьютерный класс, подключенный к сети Интернет, с установленным требуемым лицензионным программным обеспечением (ауд. 2-302).

#### **Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Направление подготовки магистров 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов входит в Перечень специальностей и направлений подготовки, при приеме на обучение по которым поступающие проходят обязательные предварительные медицинские осмотры (обследования) в порядке, установленном при заключении трудового договора или служебного контракта по соответствующей должности или специальности, утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 14 августа 2013 г. № 697. Поступающий представляет оригинал или копию медицинской справки, содержащей сведения о проведении медицинского осмотра в соответствии с перечнем врачей-специалистов, лабораторных и функциональных исследований, установленным приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда». На основании этого на данное направление подготовки лица, требующие индивидуальных условий обучения, не принимаются.