

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 Н.В.Лобов

« 07 » февраля 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Вычислительная гидрогазодинамика
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
(код и наименование направления)

Направленность: Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена
двигателей летательных аппаратов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение основных методов и задач вычислительной гидрогазодинамики и работы в программных комплексах для исследования процессов течений жидкости и газа.

Задачи дисциплины:

- изучение численных методов расчета течений жидкости и газа;
- освоение программы вычислительной динамики жидкости и газов для проведения газодинамических расчетов конструкции ракетных двигателей;
- формирование навыков владения персональным компьютером как инструментом для проведения расчетов элементов конструкции ракетных двигателей.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- численные методы расчета задач газовой динамики применительно к конструкции ракетных двигателей;
- современные компьютерные программы для решения задач газовой динамики.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает основы использования современных компьютерных программ для моделирования газодинамических процессов в ракетных двигателях.	Знает теоретические основы рабочих процессов в ракетных двигателях.	Экзамен
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет пользоваться современными вычислительными пакетами для моделирования газодинамических процессов в ракетных двигателях и их агрегатах	Умеет пользоваться современными вычислительными пакетами для моделирования рабочих процессов в ракетных двигателях и их агрегатах.	Курсовая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками постановки проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании ракетных двигателей.	Владеет навыками постановки исследовательских задач, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании ракетных двигателей.	Курсовая работа
ПК-2.2	ИД-1ПК0-4	Знает методики и этапность проведения газодинамических расчётов в ракетных двигателях.	Знает методики и этапность проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в ракетных двигателях.	Экзамен
ПК-2.2	ИД-2ПК0-4	Умеет проводить газодинамические расчёты ракетных двигателей и их элементов с использованием численных методов исследования.	Умеет проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования.	Курсовая работа
ПК-2.2	ИД-3ПК0-4	Владеет навыками проведения газодинамических расчётов ракетных двигателей и их элементов с использованием численных методов исследования с применением современных программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	Владеет навыками проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов ракетных двигателей и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением современных программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	Курсовая работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	18	18
- лабораторные работы (ЛР)	25	25
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)		
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)	18	18
Общая трудоемкость дисциплины	144	144

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT	9	12	0	32
Тема 1. Введение в вычислительную газовую динамику Краткое введение в вычислительную аэрогидродинамику: исторический обзор, примеры задач. Уравнения континуальной газовой динамики (Эйлера и Навье-Стокса), решаемые в программном пакете ANSYS Fluent. Основные решатели ANSYS Fluent и области их применения. Тема 2. Основы решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT Введение в методологию вычислительной газовой динамики. Основные принципы решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS Fluent. Назначение, комплектация и основные возможности пакета. Типы задач вычислительной газовой динамики. Основные этапы решения задачи в ANSYS Fluent. Препроцессор, решатель и постпроцессор. Определение целей задач и области моделирования. Сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными результатами. Тема 3. Подготовка геометрических и сеточных моделей для работы в ANSYS FLUENT Методы построения двух- и трехмерных расчетных областей в ANSYS DesignModeler. Способы построения структурированных, неструктурированных и гибридных сеток в ANSYS Meshing для проведения численного моделирования. Определение граничных условий в ANSYS DesignModeler/ANSYS Meshing. Работа с расчетной сеткой в решателе Fluent: импорт, проверка, локальное измельчение. Тема 4. Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT Основные методы численного решения уравнений гидродинамики и газовой динамики. Особенности метода конечных объемов в ANSYS Fluent. Математические модели, применяемые для расчета турбулентных течений жидкости и газов. Модели турбулентности, и рекомендации к их применению. Осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса и RANS модели турбулентности. Вихреразрешающее моделирование.				
Основы подготовки расчета в ANSYS FLUENT и постпроцессинг результатов	9	13	0	31
Тема 5. Основы подготовки расчета в ANSYS FLUENT Обзор интерфейса ANSYS FLUENT.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Поддерживаемые форматы сеток. Определение свойств материалов. Домены жидкости, пористых материалов и твердых тел. Многокомпонентные и многофазные потоки. Моделирование потоков с учетом сжимаемости. Граничные и начальные условия. Рекомендации использования граничных условий. Настройки решателя. Выбор физических моделей. Выбор решателя, использование явных и неявных схем. Стационарные и нестационарные задачи. Критерии сходимости решения уравнений. Невязки, дисбалансы и контрольные точки. Запуск расчета. Тема 6. Постпроцессинг. Расчет интегральных характеристик, графическая визуализация расчетных данных Создание дополнительных функций. Создание дополнительных точек, линий и сечений в расчетной области. Определение интегральных характеристик. Анимация. Адаптация сетки. Критерии для адаптации. Дополнительные модули пользователя (UDF). Тема 7. Типичные задачи механики жидкости и газа Внешние течения. Обтекание тел. Обтекание цилиндра потоком вязкой несжимаемой жидкости. Моделирование внешнего сжимаемого течения. Моделирование периодического течения и теплопереноса. Нестационарные задачи. Расчет турбулентного течения.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	25	0	63
ИТОГО по дисциплине	18	25	0	63

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Течение несжимаемой жидкости в изогнутой трубе с несколькими входными каналами
2	Численное моделирование стационарного обтекания профиля крыла
3	Расчет течения сверхзвуковой струи
4	Расчет нестационарного движения потока в двумерном сопле
5	Моделирование периодического отрывного течения за цилиндром
6	Расчет ротор-статор взаимодействия

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Исследование внутрикамерных течений в РДТТ
2	Исследование сверхзвуковых течений в сопле ракетного двигателя
3	Численное моделирование обтекания газового руля сверхзвуковым потоком

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		

1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]. - М: Логос, 2007.	37
2	Основные положения и общие методы / Под ред. В. П. Шидловского. - Москва: Мир, 1991. - (Вычислительные методы в динамике жидкостей : в 2 т. : пер. с англ.; Т. 1).	13
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Краснов М. В. Unigraphics для профессионалов / М. В. Краснов, Ю. В. Чигишев. - Москва: Лори, 2004.	4
2	Попов Д. Н. Гидромеханика : учебник для вузов / Д. Н. Попов, С. С. Панаиотти, М. В. Рябинин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.	76
3	Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - М.: Физматлит, 2005.	14
4	Фрик П. Г. Турбулентность: подходы и модели / П.Г. Фрик. - М. Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2003.	63
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Н. Ашихмин [и др.].	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392	сеть Интернет; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

Вид ПО	Наименование ПО
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Компьютеры	12
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
