

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

« 25 » февраля 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ **Вычислительные методы гидрогазодинамики** _____
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ **180 (5)** _____
(часы (ЗЕ))

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

Направленность: _____ **Проектирование и конструкция двигателей и энергетических
установок летательных аппаратов** _____
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

<p>Цель учебной дисциплины: Формирование системы знаний, умений и навыков для профессиональной научно-исследовательской деятельности в области проведения вычислительных экспериментов гидрогазодинамических процессов.</p> <p>В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие профессиональные компетенции: - способностью проводить технические расчёты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых изделий и конструкций;</p> <p>Задачи учебной дисциплины:</p> <ul style="list-style-type: none">• изучение программных комплексов и методов моделирования гидрогазодинамических процессов;• формирование умения постановки задачи гидрогазодинамического расчета;• формирование навыков построения сеточных моделей объекта гидрогазодинамического исследования, использования современного программного обеспечения для проведения расчетов процессов гидрогазодинамики, обработки результатов расчетов процессов гидрогазодинамики;

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Современные программные комплексы для подготовки, проведения и обработки результатов газодинамических расчетов;

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-1.2	ИД-1ПК-1.2	– современные программные средства, используемые для проведения гидродинамических и газодинамических расчетов; – современные программные средства для построения сеточных моделей расчетных областей;	Знает основы проведения экспериментальных работ и теоретические основы рабочих процессов в двигателях и энергетических установках летательных аппаратов.	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	– выполнять тестовые численные расчеты гид-ро и газодинамических процессов; – проводить анализ численных результатов проведенных гидро и газодинамических расчетов;	Умеет пользоваться современными вычислительными пакетами для обработки результатов экспериментов и испытаний, моделирования рабочих процессов в двигателях и энергетических установках летательных аппаратов и их агрегатах.	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	– практическими навыками по проведению расчетов гидро- и газодинамики;	Владет навыками постановки исследовательских (расчётно-теоретических и экспериментальных) задач; планирования и проведения вычислений, экспериментов и испытаний; анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по двигателям и энергетическим установкам летательных аппаратов.	Контрольная работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	36	36	
- 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)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

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
2-й семестр				
Обзор существующих численных моделей для решения задач гидрогазодинамики.	6	12	0	30
Тема 1. Основные уравнения гидрогазодинамики. Уравнения Эйлера. Уравнения Лагранжа. Уравнения Навье - Стокса. Тема 2. Моделирование ламинарного течения жидкости и газа. Основные уравнения Навье - Стокса. Модели турбулентности. Тема 3. Модели турбулентного течения газа. Гипотеза турбулентной вязкости. Тензор Рейнольдсовых напряжений. Алгебраическая модель Рейнольдсовых напряжений. Тема 4. Методы численного решения прикладных задач газотурбостроения. Метод конечных разностей. Метод распада произвольного разрыва. Метод крупных частиц.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Применение существующих численных методов моделирования задач гидрогазодинамики в современных вычислительных программных пакетах.	6	12	0	30
<p>Тема 5. Типы конечно элементных сеточных моделей применяемых при газодинамических расчетах узлов газотурбинных двигателей. Понятие сеточной модели. Структурированная и неструктурированная сеточная модель. O-grid сетки. Методы построения структурированных и неструктурированных сеточных моделей.</p> <p>Тема 6. Граничные и начальные условия газодинамических расчетов узлов газотурбинных двигателей. Типы граничных условий. Граничные условия прилипания. Граничные условия не протекания.</p> <p>Тема 7. Обзор коммерческих программных пакетов используемых для решения задач гидрогазодинамики. ANSYS CFX. ICFM CFD. Fluent. Poly Flow.</p>				
Решение частных задач гидрогазодинамики с применением коммерческих программных пакетов.	4	12	0	30
<p>Тема 8. Моделирование смешения потоков в статическом миксере. Постановка задачи. Задание граничных условий в Ansys CFX. Требования к конечно элементной модели и качеству сеточной модели. Настройки параметров решателя в Ansys CFX. Обработка результатов расчета в Ansys CFX.</p> <p>Тема 9. Верификация математической модели течения Пуазейля-Хагена. Постановка задачи. Построение геометрической и сеточной модели расчетной области. Требования к граничным условиям. Аналитическое решение для определения профиля скорости течения Пуазейля - Хагена. Верификация математической модели по известному аналитическому решению.</p> <p>Тема 10. Построение структурированных сеточных моделей расчетных областей сложной конфигурации. Требования предъявляемые к O-grid сеточным моделям при решении задач гидрогазодинамики. Построение сеточной модели с помощью программного комплекса ICFM CFD.</p> <p>Тема 11. Численное моделирование турбулентного диффузионного горения метана с учетом теплообмена излучением в камере сгорания</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
газотурбинного двигателя. Постановка задачи. Выбор модели турбулентного течения газа. Выбор математической модели диффузионного горения. Расчет библиотек химической кинетики горения в CFX. Моделирование процессов радиационного излучения газа. Настройка спектральной модели теплообмена излучением в CFX. Обработка результатов расчета.				
ИТОГО по 2-му семестру	16	36	0	90
ИТОГО по дисциплине	16	36	0	90

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование применимости методов численного моделирования для решения задач гидрогазодинамики
2	Исследование технологий расчета ламинарного течения в цилиндрическом канале
3	Исследование влияния моделей турбулентности на расчетное поле скорости при обтекании потоком воздуха произвольного тела
4	Исследование влияния типа сеточной модели на расчетное поле скорости при обтекании потоком воздуха произвольного тела
5	Построение неструктурированных сеточных моделей для объемов сложной конфигурации
6	Исследование влияния циклически симметричных граничных условий на поле скоростей в полной и редуцированной модели течения сопла
7	Исследования применимости различных программных пакетов для решения задач гидрогазодинамики
8	Моделирование смешения потоков в статическом миксере- 6 часов
9	Верификация математической модели течения Пуазейля-Хагена на основе известного аналитического решения
10	Построение структурированных сеточных моделей для объемов сложной конфигурации
11	Численное моделирование процесса диффузионного горения с учетом теплообмена излучением

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 по 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	Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов : учебное пособие для вузов / В. М. Головизнин [и др.]. - Москва: Изд-во МГУ, 2013.	35
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Егоров М. Ю. Методы численного решения прикладных задач. Метод Давыдова (метод крупных частиц) : учебное пособие / М. Ю. Егоров. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2001.	23
2	Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей : в 2 т. : пер. с англ. / К. Флетчер. - М.: Мир, 1991.	18
2.2. Периодические издания		

1	Theoretical and Computational Fluid Dynamics / Springer New York / 0935-4964, 2011-2015 http://link.springer.com/journal/162#	
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)
Дополнительная литература	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника, гл. ред. Бульбоивч Р.В., 2015-2019, №№40-59	http://vestnik.pstu.ru/aero/about/inf/	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)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
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
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
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/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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
Лабораторная работа	Персональные компьютер, ауд. 203, к. Г	15
Лабораторная работа	Разрезные макеты авиационных двигателей различных типов и их составных частей; охлаждаемые лопатки турбин и жаровые трубы камеры сгорания, ауд. 109, к. Г	17
Лекция	Лекционная аудитория, ауд. 201, к. Г	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
