

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

« 18 » марта 20 21 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ **Вычислительная гидрогазодинамика** \_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ **очная** \_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ **магистратура** \_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ **108 (3)** \_\_\_\_\_  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ **15.04.03 Прикладная механика** \_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ **Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг** \_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Обеспечение студентов полноценными знаниями современных методов численного моделирования реальных процессов движения жидкости, возникающих в различных промышленных отраслях, и приобретение ими умений эффективного использования вычислительных ресурсов.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

– методы решения системы уравнений Навье-Стокса в физических переменных и в переменных «функция тока - вихрь»;  
– программное обеспечение для решения стационарных и нестационарных задач гидродинамики;  
– средства визуализации и анализа полученных результатов.

### 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	Знает методы решения системы уравнений Навье-Стокса и способы учёта турбулентности и теплопередачи.	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средств представления результатов для численного решения задач механики;	Собеседование
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Уметь использовать математические методы и модели при решении задач гидродинамики, применять соответствующую процессу математическую модель, проверять её адекватность, корректно формулировать граничные и начальные условия для многомерных задач	Умеет осуществлять численное решение задачи механики с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять качественный анализ результатов расчета;	Отчёт по практическому занятию

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-3ПК-1.2	Владеет методами построения математической модели для нестационарных задач о внутреннем течении жидкости, внешнем обтекании, свободной конвекции.	Владеет навыками численного решения задач механики с использованием современных эффективных методов и средств, а также выполнять качественный анализ результатов расчета.	Экзамен
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знает методы решения сеточных уравнений, численные методы решения систем дифференциальных уравнений в частных производных.	Знает этапы выполнения научных исследований в области прикладной механики, методы осуществления мультидисциплинарных расчетов и оптимизации конструкций	Собеседование
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Умеет разрабатывать численные методы для решения систем дифференциальных уравнений в частных производных, применять специализированное программное обеспечение для решения задач гидродинамики.	Умеет разрабатывать и применять компьютерные модели сложных механических объектов в CAE-системах, самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики;	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеет навыками самостоятельного применения специализированного программного обеспечения для решения задач вычислительной гидродинамики	Владеет навыками использования современных программных средств компьютерного анализа механических систем (CAE-системами мирового уровня).	Экзамен

### 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:	52	52	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	34	34	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	20	20	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 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				
Численное решение двумерных уравнений акустики	4	0	6	4
Тема 1. Уравнения акустики. Метод взвешенных невязок Уравнения акустической среды, граничные и начальные условия. Аппроксимация дифференциальных уравнений и граничных условий с помощью метода взвешенных невязок. Построение локально определённых базисных функций по методу конечных элементов. Вывод основных конечно-элементных соотношений.				
Тема 2. Решение уравнений акустики с помощью МКЭ Программирование конечно-элементных соотношений. Численное интегрирование по площади, преобразование координат. Явная и неявные схемы.				

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 двумерной системы уравнений Навье-Стокса в переменных «функция тока - вихрь»	2	0	3	4
Тема 3. Система уравнений Навье-Стокса. Функции тока и вихрь Основные уравнения, граничные условия для функции тока и вихря, начальные условия. Явные и неявные разностные схемы.				
Численное решение двумерной системы уравнений Навье-Стокса в физических переменных	4	0	9	4
Тема 4. Двумерная система уравнений Навье-Стокса. Метод взвешенных невязок. Основные уравнения, граничные и начальные условия. Получение конечно-элементных соотношений на основе метода взвешенных невязок.  Тема 5. Решение уравнений Навье-Стокса с помощью МКЭ Программирование конечно-элементных соотношений. Методы решения нелинейных задач.				
Турбулентность и теплоперенос	4	0	10	4
Тема 6. Нестационарные задачи Дискретизация по времени, численные схемы. Начальные и граничные условия.  Тема 7. Турбулентность и её модели Усреднение по Рейнольдсу (RANS). Модели турбулентности в Ansys CFX. Вихревая цепочка Кармана.  Тема 8. Теплоперенос. Перенос тепла в газе. Вынужденная конвекция, связанная задача об охлаждении тела. Выделение тепла при сжатии газа. Температурно-зависимые свойства среды.				
Свободная конвекция и связанные задачи	2	0	6	4
Тема 9. Свободная конвекция Приближение Буссинеска. Полная модель конвекции. Связанная задача об охлаждении тела на воздухе.  Тема 10. Связанные температурные задачи Связанная температурная задача об охлаждении тела на воздухе.				
ИТОГО по 3-му семестру	16	0	34	20
ИТОГО по дисциплине	16	0	34	20

## Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Решение двумерного уравнения акустики методом конечных элементов
2	Решение двумерной системы уравнений Навье-Стокса в физических переменных методом конечных элементов
3	Анализ моделей турбулентности на примере задачи о поперечном обтекании цилиндра
4	Парожидкостный теплообменник. Оптимизация цепочки диффузоров.
5	Отопление балкона в зимнее время
6	Охлаждение заготовки на воздухе

### 5. Организационно-педагогические условия

#### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные материалы, 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 практическим занятиям.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на занятиях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на занятиях.

### 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
<b>1. Основная литература</b>		

1	Матюнин В. П. Механика жидкости и газа. Введение в гидрогазодинамику : учебное пособие для вузов / В. П. Матюнин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	114
2	Сегерлинд Л. Д. Применение метода конечных элементов : пер. с англ. / Л. Д. Сегерлинд. - Москва: Мир, 1979.	12
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Бояршинов М. Г. Методы вычислительной математики. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 421 с.	150
2	Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.	116
3	Самарский А. А., Гулин А. В. Введение в численные методы. – СПб: Лань, 2005. – 288 с.	50
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	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	Бояршинов М. Г. Методы вычислительной математики : учебное пособие / М. Г. Бояршинов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Матюнин В. П. Механика жидкости и газа. Введение в гидрогазодинамику : учебное пособие для вузов / В. П. Матюнин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2443">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2443</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Сегерлинд Л. Д. Применение метода конечных элементов : пер. с англ. / Л. Д. Сегерлинд. - Москва: Мир, 1979.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2168">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2168</a>	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	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
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 научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Компьютер или ноутбук	1
Лекция	Мультимедиа-проектор	1
Практическое занятие	Компьютерный класс	8
Практическое занятие	Мультимедиа-проектор	1

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------