

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
от 30.11.2022 г. протокол № 13

Рабочая программа дисциплины

Численные схемы гидроаэромеханики

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.04.03 Механика и математическое моделирование

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Информационное и программное обеспечение. Инженерия

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина <i>Б1.О.09, Численные схемы гидроаэромеханики</i> относится к обязательной части ООП направления подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1. Знать основные принципы управления командой проекта. УК-3.2. Уметь вырабатывать командную стратегию при выполнении проекта. УК-3.3. Владеть методами мотивации команды на достижение поставленной цели.	Уметь редуцировать сложные комплексные задачи аэрогидродинамики к совокупности более простых задач.	Собеседование
		Знать способы построения и реализации комплексных математических и численных моделей для решения сложных задач аэрогидродинамики.	Собеседование
		Владеть методами расщепления численных алгоритмов по физическим процессам и координатном направлении.	Собеседование
ОПК-2 Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности	ОПК-2.1. Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования. ОПК-2.2. Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной и научной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и компьютерных наук. ОПК-2.3. Имеет практический опыт разработки новых методов математического моделирования для	Знать специализированные разделы теории разностных схем, необходимые при решении задач теории аэрогидродинамики систем.	Собеседование
		Уметь формулировать и решать прикладные задачи аэрогидродинамики.	Собеседование
		Владеет положениями механики сплошных сред, методами исследования разностных схем.	Собеседование

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
	решения задач профессиональной и научной деятельности		
ОПК-4 Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики	ОПК-4.1. Знает базовые понятия информатики, информации, ее измерения, кодирования и представления в вычислительных системах, принципы сбора, хранения и обработки информации, а также современные алгоритмы, средства разработки и программные средства. ОПК-4.2. Умеет использовать знания, полученные в области компьютерных наук. ОПК-4.3. Имеет практический опыт использования информационных технологий, а также создания программных средств для решения задач профессиональной деятельности.	<i>Знать</i> основные тенденции развития современных численных методов и программного обеспечения для решения задач аэрогидродинамики <i>Уметь</i> разрабатывать новое и модифицировать существующее программное обеспечение. <i>Владеть</i> навыками разработки и адаптации математически сложных алгоритмов при решении задач аэрогидродинамики.	<i>Собеседование</i> <i>Собеседование</i> <i>Собеседование</i>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	5 з.е.
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	66
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- занятия лабораторного типа	0
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР ¹ , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
			ЗЛеТ ²	ЗСеТ ³	ЗЛаТ ⁴	Всего	
1.	Введение в теорию разностных схем для одномерного уравнения переноса и уравнений акустики. Метод характеристик.	29	8	8		16	13
2.	Явные схемы для уравнений газовой динамики. Адаптирующиеся эйлерово-лагранжевые алгоритмы с использованием подвижных разностных сеток.	39	10	10		20	19
3.	Неявные разностные схемы типа «предиктор-корректор»	22	4	4		8	14
4.	Гибридные схемы переменной точности. Метод коррекции потоков, TVD-схемы.	23	4	4		8	15
5.	Современные тенденции в численном моделировании задач аэрогидродинамики и механики сплошной среды.	29	6	6		12	17
	Текущий контроль (КСР)	2				2	
	Промежуточная аттестация – экзамен	36					
	ИТОГО	180	32	32		66	78
¹ Самостоятельная работа обучающегося. ² Занятия лекционного типа. ³ Занятия семинарского типа. ⁴ Занятия лабораторного типа.							

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: навыками разработки и адаптации математически сложных алгоритмов при решении задач аэрогидродинамики.
- компетенций - УК-3, ОПК-2, ОПК-4.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме тестовых заданий и промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к экзамену.

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
неудовлетворительно		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно		Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»

Оценка		Уровень подготовки
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
незачтено	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

№	Вопрос	Код компетенции
1.	Простейшие схемы для линейного уравнения переноса (вверх и вниз по потоку, центральная).	ОПК-2
2.	Схема Лакса для линейного уравнения переноса.	ОПК-2
3.	Схема Лакса-Вендроффа для линейного уравнения переноса.	ОПК-2
4.	Схема прямоугольник для линейного уравнения переноса.	ОПК-2
5.	Схема "кабаре" для линейного уравнения переноса.	ОПК-2
6.	Схема "крест" для уравнений акустики.	ОПК-2
7.	Схема Лакса для уравнений акустики.	ОПК-2
8.	Схема Лакса-Вендроффа для уравнений акустики.	ОПК-2
9.	Неявная схема с весами для уравнений акустики.	ОПК-2
10.	Схема распада разрывов для уравнений акустики.	ОПК-2
11.	Метод характеристик для уравнений акустики.	УК-3
12.	Неявная схема предиктор-корректор для уравнения переноса.	ОПК-2 УК-3
13.	Схема распада разрывов для уравнений газовой динамики.	ОПК-2
14.	Схема распада разрывов для двумерных уравнений акустики.	ОПК-2
15.	Схема распада разрывов для двумерных уравнений газовой динамики.	ОПК-2
16.	Схема Лакса-Вендроффа для двумерных уравнений газовой динамики.	ОПК-4, УК-3
17.	Схема "крест" для двумерных уравнений газовой динамики.	УК-3
18.	Схема Годунова повышенной точности.	ОПК-2, УК-3
19.	Схема коррекции потоков.	ОПК-2, УК-3
20.	Схема Мак-Кормака.	УК-3
21.	Гибридная схема Залецака.	ОПК-2, ОПК-4, УК-3
22.	Полностью консервативная схема Головизнина-Самарского.	ОПК-2, ОПК-4, УК-3
23.	TVD-схемы.	УК-3

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции «УК-3»

Получить численное решение задачи переноса заданного импульса по одной из разностных схем для различных чисел Куранта.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции «ОПК-2»

Определить конфигурацию и параметры распада разрыва для заданных начальных условий.

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции «ОПК-4»

Определить зависимости численной ошибки для различных схем при описании непрерывных и разрывных решений от числа Куранта.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные схемы газовой динамики//М.: Наука, 1980 г. (11 экз.)
<http://mexalib.com/view/25654>
2. Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике// М.: Наука, 1978 г. (4 экз.)
3. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы//М.: Наука, 1977 г. (7 экз.)
4. Численное решение многомерных задач газовой динамики// Под редакцией С.К. Годунова /М.: Наука, 1976 г. (4 экз.)
<http://mexalib.com/view/25676>, <http://mexalib.com/view/27321>
5. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач// М.: Наука, 1972 г. (4 экз.)
<http://mexalib.com/view/27244>
6. Афанасьев С.Б., Баженов В.Г., Кочетков А.В., Фельдгун В.Р. Численное решение начально-краевой задачи для линейного уравнения переноса// Компьютерная лабораторная работа/ Нижегородский гос. ун-т, 1996. (20 эк.на кафедре ТКиЭМ)
7. Кочетков А.В. Задача о распаде произвольного разрыва// Учебно-методическая разработка для студентов механико-математического факультета/Нижегор. ун-т, 2004 г. (20 эк.на кафедре ТКиЭМ)

б) дополнительная литература:

1. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей// М.: Мир, Т.Т.1,2, 1991 г. (7 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

При проведении практических занятий используются методические программные разработки НИИ механики ННГУ.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 01.04.03 Механика и математическое моделирование.

Автор А.В.Кочетков

Заведующий кафедрой ТКЭМ, профессор Л.А. Игумнов

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 30.11.2022 года, протокол № 3.