

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Численные схемы гидроаэромеханики

---

Уровень высшего образования

Специалитет

---

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

---

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.01 Численные схемы гидроаэромеханики относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-6: Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения	ПК-6.1: Умения анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его при исследовании проблем гидроаэромеханики  ПК-6.2: Владения навыками решения практических задач, анализа результатов решения при исследовании проблем гидроаэромеханики	Задачи Собеседование Задания	Экзамен: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>42</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение в теорию разностных схем для одномерного уравнения переноса и уравнений акустики. Метод характеристик.	23	8	8	16	7
Явные схемы для уравнений газовой динамики. Адаптирующиеся эйлерово-лагранжевые алгоритмы с использованием подвижных разностных сеток.	27	10	10	20	7
Неявные разностные схемы типа «предиктор-корректор»	15	4	4	8	7
Гибридные схемы переменной точности. Метод коррекции потоков, TVD-схемы.	15	4	4	8	7
Современные тенденции в численном моделировании задач аэрогидродинамики и механики сплошной среды.	26	6	6	12	14
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	42

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в теорию разностных схем для одномерного уравнения переноса и уравнений акустики. Метод характеристик.
2. Явные схемы для уравнений газовой динамики. Адаптирующиеся эйлерово-лагранжевые алгоритмы с использованием подвижных разностных сеток.
3. Неявные разностные схемы типа «предиктор-корректор».
4. Гибридные схемы переменной точности. Метод коррекции потоков, TVD-схемы.
5. Современные тенденции в численном моделировании задач аэрогидродинамики и механики сплошной среды.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Подготовка по контрольным вопросам и заданиям для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

## 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

### 5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

#### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

Определить конфигурацию и все параметры распада разрыва для следующих вариантов

$$p_I = 200, \quad \rho_I = 4, \quad u_I = 0, \quad \chi_I = 1.667, \quad B_I = 0.$$

$$p_{II} = 1, \quad \rho_{II} = 1, \quad u_{II} = 0, \quad \chi_{II} = 1.667, \quad B_{II} = 0.$$

$$p_I = 1, \quad \rho_I = 1, \quad u_I = 5, \quad \chi_I = 1.667, \quad B_I = 0.$$

$$p_{II} = 200, \quad \rho_{II} = 4, \quad u_{II} = 5, \quad \chi_{II} = 1.667, \quad B_{II} = 0.$$

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

#### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Какие схемы для уравнения переноса предпочтительны для описания непрерывных решений.
2. Какие схемы для уравнения переноса предпочтительны для описания разрывных решений.
3. Какие схемы для уравнения переноса предпочтительны для описания комбинаций непрерывных и разрывных решений.
4. Какие схемы для уравнений акустики предпочтительны для описания непрерывных решений.
5. Какие схемы для уравнений акустики предпочтительны для описания разрывных решений.
6. Какие схемы для уравнений акустики предпочтительны для описания комбинаций непрерывных и разрывных решений.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

Определить конфигурацию и все параметры распада разрыва для следующих вариантов

$$p_I = 1, \quad \rho_I = 1, \quad u_I = 0, \quad \chi_I = 1.4, \quad B_I = 0$$

$$p_{II} = 2, \quad \rho_{II} = 1, \quad u_{II} = 0, \quad \chi_{II} = 1.4, \quad B_{II} = 0.$$

$$p_I = 2, \quad \rho_I = 1, \quad u_I = 1, \quad \chi_I = 1.4, \quad B_I = 0.$$

$$p_{II} = 1, \quad \rho_{II} = 1, \quad u_{II} = 1, \quad \chi_{II} = 1.4, \quad B_{II} = 0.$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компет	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
---------------------------------	-------	---------------------	-------------------	--------	--------------	---------	-------------

енций (индик атора достиж ения компет енций)	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».

	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Простейшие схемы для линейного уравнения переноса (вверх и вниз по потоку, центральная).
2. Схема Лакса для линейного уравнения переноса.
3. Схема Лакса-Вендроффа для линейного уравнения переноса.
4. Схема прямоугольник для линейного уравнения переноса.
5. Схема "кабаре" для линейного уравнения переноса.
6. Схема "крест" для уравнений акустики.
7. Схема Лакса для уравнений акустики.
8. Схема Лакса-Вендроффа для уравнений акустики.
9. Неявная схема с весами для уравнений акустики.
10. Схема распада разрывов для уравнений акустики.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
	Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Основная литература:

1. Самарский Александр Андреевич. Разностные схемы газовой динамики : учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по специальности "Приклад. математика". - М. : Наука, 1975. - 351 с. : ил. - 0.79., 6 экз.
2. Рождественский Борис Леонидович. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. - 688 с. : ил. - 60.00., 4 экз.
3. Годунов Сергей Константинович. Разностные схемы : введ. в теорию : [учеб. пособие для ун-тов и вузов по специальности "Приклад. математика"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1977. - 439 с. : ил. - 1.14., 3 экз.
4. Рихтмайер Р. Д. Разностные методы решения краевых задач / пер. со 2-го англ. изд. Б. М. Будака [и др.] ; под ред. Б. М. Будака и А. Д. Горбунова. - М. : Мир, 1972. - 418 с. : ил. - 1.93., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Флетчер Клайв. Вычислительные методы в динамике жидкостей : в 2 т. Т. 1. Основные положения и общие методы / пер. А. И. Державиной ; под ред. В. П. Шидловского. - М. : Мир, 1991. - 502 с. : ил. - 7.00., 3 экз.
2. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей : в 2 т. Т. 2. Методы расчета различных течений / пер. В. Ф. Каменецкого ; под ред. Л. И. Турчака. - М. : Мир, 1991. - 552 с. : ил. - 8.50., 4 экз.

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 (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

Автор(ы): Кочетков Анатолий Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.