

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

**Численные методы в механике сплошной среды**

по направлению подготовки

**24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Баллистика ракетно-ствольных систем**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

К.С. Рогаев

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2024

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способен применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата.

ПК-4 Способен к проведению научных исследований в целях поиска методик решения баллистических задач создания новых объектов и систем.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 2.1 Знает математическое описание законов баллистики и гидроаэродинамики.

ИПК 2.2 Умеет составлять математические модели профессиональных задач и находить способы их решения

ИПК 2.3 Осуществляет анализ и интерпретацию результатов математического моделирования

ИПК 4.1 Знает математические методы разработки алгоритмов моделирования движения летательных аппаратов

ИПК 4.2 Умеет формулировать аспекты задач исследования, выбирать методы их решения и представлять результаты исследований

ИПК 4.3 Осуществляет разработку алгоритмов решения задач динамики, баллистики и управления полетом объектов

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- ) формирование современного представления об основных подходах и методах численного решения в механике сплошных сред.
- 2) изучить методы численного решения в механике сплошных сред;
- 3) Познакомиться с применением методов численного решения в механике сплошных сред для проектирования высокоэнергетических систем.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Первый семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 10 ч.

-практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### **Тема 1. Обобщенные криволинейные координаты**

Преобразование координат. Аппроксимация параметров преобразования. Структура типичных уравнений в обобщенных координатах. Уравнения в частных производных первого и второго порядков. Уравнение движения жидкости.

### **Тема 2 Построение криволинейной системы координат.**

Физические аспекты. Односвязные и многосвязные области. ...

### **Тема 3. Построение КСК при помощи алгебраического отображения.**

Одномерные функции растяжения. Применение методов в случае двух границ. Метод многих поверхностей. Трансфинитная интерполяция.

### **Тема 4 Построение КСК на основе решения уравнения в частных производных.**

Последовательные конформные отображения. Построение ортогональных сеток. Решение эллиптических уравнений в частных производных.

### **Тема 5. Методы решений уравнений Эйлера.**

Система уравнений описывающих движение идеального газа. Постановка граничных условий для систем гиперболических уравнений. Модификация Чакраварти системы уравнений для постановки граничных условий. Схема Бима-Уорминга.

### **Тема 6. Приемы и методы решений уравнений пограничного слоя.**

Система уравнений, описывающая движение газа при наличии пограничного слоя. Основные допущения. Основные разностные схемы. Методы определения коэффициентов в разностных схемах.

### **Тема 7. Приемы и методы решений уравнений сжимаемого вязкого газа.**

Система уравнений Навье –Стокса. Способы решения полных уравнений Навье-Стокса. Схемы явные и неявные. Проблемы устойчивости. Факторизованная схема Бима-Уорминга. Использование Обобщенных координат.

### **Тема 8. Приемы и методы решений уравнений несжимаемого вязкого газа.**

Система уравнений несжимаемой жидкости. Основные допущения. Использование переменных завихренность-функция тока. Особенности постановки граничных условий. Решение в естественных переменных. Метод Патанкара.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <http://lms.tsu.ru/course/view.php?id=24760>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Построение криволинейных систем координат. Учебно-методическое пособие по курсу «Численные методы механики сплошной среды» для студентов физико-технического факультета / Нариманов Р.К., Нариманова Г.Н., Еремин И.В - Изд-во ТГУ- 2019 – 34с.

г) Метод сопряженных градиентов. Многосеточный метод. Учебно-методическое пособие по курсу «Численные методы механики сплошной среды» для студентов физико-технического факультета / Нариманов Р.К., Нариманова Г.Н., Еремин И.В - Изд-во ТГУ- 2019 – 18с.

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. С.К. Годунов, В.С. Рябенький. Разностные схемы. – М.: Наука, 1977.
2. У.Г. Пирумов, Г.С. Росляков. Численные методы газовой динамики. – М.: Высшая школа, 1987.
3. К Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей. – М.: Мир, 1 – 2 т., 1991.
4. Д.Андерсон, Дж. Таннеилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М.:Мир, 1,2.тт.,1990г).

б) дополнительная литература:

1. Зализняк В.Е. Основы вычислительной математики. Часть 1. М.-Ижевск. 2004.
2. В.И. Пинчуков, Ч.-В. Шу. Численные методы высоких порядков для задач аэрогидродинамики. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000.
3. А.Н. Гильманов. Методы адаптивных сеток в задачах газовой динамики. М: Физматлит, 2000.
4. А.Г. Куликовский, Н.В. Погорелов, А.Ю. Семенов. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. М: Физматлит, 2001.

в) ресурсы сети Интернет:

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.  
<http://www.consultant.ru>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

#### **15. Информация о разработчиках**

Нариманов Ринат Казбекович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной аэромеханики.