

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан



Ю.Н. РЫЖИХ

06 20 22 г.

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

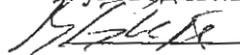
Квалификация
Магистр

Год приема
2022

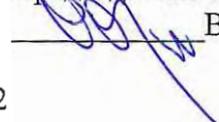
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.03.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

 В.И. Биматов

Председатель УМК

 В.А. Скрипняк

Томск – 2022

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

_____ Ю.Н. Рыжих

« ____ » _____ 20____ г.

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

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.03.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

_____ В.И. Биматов

Председатель УМК

_____ В.А. Скрипняк

Томск – 2023

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

- 1) 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 «Дисциплина (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.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет содержит два вопроса, проверяющих сформированность компетенций, указанных в п.1. Продолжительность экзамена 1,5 часа. Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Обобщенные криволинейные координаты.
2. Метрический тензор и физические свойства преобразований
3. Аппроксимация параметров преобразования. Формулы с центральными разностями и неконсервативных схем.
4. Дополнительные ошибки аппроксимации при применении криволинейных координат на примере .
5. Уравнения в частных производных первого порядка в обобщенных координатах
6. Уравнения в частных производных второго порядка в обобщенных координатах
7. Уравнения движения жидкости в обобщенных координатах.
8. Физические аспекты построения сеток. Односвязные и многосвязные области.
9. Построение сеток на основе решения уравнений в частных производных
10. Построение ортогональных сеток
11. Построение сеток, близких к ортогональным.
12. Построение сеток на основе решения эллиптических уравнений в частных производных
13. Построение ортогональных сеток путем решения эллиптических уравнений
14. Одномерные функции растяжения. Построение сеток алгебраическими отображениями в случае двух границ.
15. Метод многих поверхностей.
16. Трансфинитная интерполяция.
17. Система уравнений описывающих движение идеального газа.
18. Постановка граничных условий для систем гиперболических уравнений.
19. Модификация Чакраварти системы уравнений для постановки граничных условий.
20. Приемы и методы решений уравнений пограничного слоя.
21. Способы устранения нелинейности в конвективном слагаемом уравнений погранслоя.
22. Приемы и методы решений уравнений сжимаемого вязкого газа. Простейшие схемы.
23. Приемы и методы решений уравнений сжимаемого вязкого газа. Факторизованная схема.
24. Приемы и методы решений уравнений несжимаемого вязкого газа, в переменных завихренность-функция тока
25. Приемы и методы решений уравнений несжимаемого вязкого газа, в естественных переменных.

Текущий контроль состоит из выполнения студентами практических заданий и ответов на тесты.

Примерный перечень практических заданий

1. Построение КСК методом интерполяции между двумя границами.
2. Построение КСК с использованием функции растяжения.
3. Построение КСК методом многих границ
4. Построение КСК путем решения уравнений в частных производных

При проведении текущего контроля и итогового оценивания применяется балльно-рейтинговая система представленная в таблицах

10.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 10.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
1 семестр				
Экзамен				60
Отчет по практическому занятию	10		10	20
Тест			20	20
Итого максимум за период	10		30	100
Нарастающим итогом	10	10	40	100

10.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

10.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 10.3.

Таблица 10.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)

2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)
--------------------------------------	----------------	-------------------------

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <http://moodle.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.