

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

Физико-технический факультет



Ю.Н. Рыжих

20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Математическое моделирование в физических процессах**

по направлению подготовки

**24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

Направленность (профиль) подготовки :  
**Баллистика ракетно-ствольных систем**

Форма обучения  
**Очная**

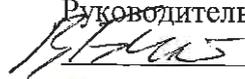
Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.01

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

**Математическое моделирование в физических процессах**

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.О.01

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:

ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.

ОПК-2 Способен ставить и решать задачи по проектированию, конструированию и производству объектов профессиональной деятельности при использовании современных информационных технологий;

ОПК-3 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований на основе анализа научной и патентной литературы.

ОПК-5 Способен осуществлять научный поиск и разрабатывать новые подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знать основные положения математики, естественных и социально-экономических наук

ИОПК 1.2 Уметь развивать полученные знания и применять их для решения нестандартных задач.

ИОПК 1.3 Владеть способами адаптации к работе в новой среде.

ИОПК 2.1 Знать общие принципы постановки и решения проектных и конструкторских задач.

ИОПК 2.2 Уметь ставить и решать задачи по проектированию, конструированию и производству объектов профессиональной деятельности в рамках современных информационных технологий

ИОПК 2.3 Владеть навыками использования современных информационных технологий при решении профессиональных задач

ИОПК 3.1 Знать новые научные принципы и методы исследований в области профессиональной деятельности.

ИОПК 3.2 Уметь применять на практике новые научные принципы и методы исследований

ИОПК 3.3 Владеть методами поиска и анализа научной и патентной литературы

ИОПК 5.1 Знать способы генерирования новых идей в профессиональной деятельности

ИОПК 5.2 Уметь разрабатывать и реализовывать новые подходы и методы решения профессиональных задач

ИОПК 5.3 Владеть методологией научного поиска

## **2. Задачи освоения дисциплины**

В результате изучения дисциплины магистр получит знания по классическим задачам математической физики, освоит способы получения уравнений гидродинамики и газовой динамики, теплофизики, будет знать способы постановки для них задач различного уровня сложности, освоит приемы их численного решения с использованием экономичных алгоритмов, научится выбирать такие алгоритмы в зависимости от постановки и типа задачи.

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

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Третий семестр, экзамен

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Процессы теплопередачи в технических устройствах; Газодинамические основы внутрикамерных процессов; Вычислительная гидродинамика.

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: 8 ч.

-практические занятия: 14 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Уравнения математической технической физики. Система уравнений Навье-Стокса. Система уравнений газовой динамики. Система уравнений низкотемпературной плазмы. Уравнения теплофизики.

Тема 2. Постановка задач для уравнений Навье-Стокса. Уравнения Навье-Стокса при малых числах Рейнольдса. Постановка типичных задач. Теоремы единственности.

Тема 3. Постановка задач для уравнений газовой динамики. Характеристик одномерных нестационарных уравнений. Постановка задач для одномерных нестационарных уравнений газовой динамики. Характеристики двухмерных стационарных уравнений. Постановка двухмерных стационарных задач.

Тема 4. Постановка задач для уравнений теплопроводности и диффузии многокомпонентных сред. Теоремы единственности для решения задач теплопроводности и диффузии. Особенности постановки задач теплообмена в средах с разрывом параметров. Постановка граничных условий при диффузии многокомпонентных сред.

Тема 5. Постановка задач для течений газа и жидкости с частицами. Уравнения движения и теплообмена частиц в жидкости и газе. Система уравнений двухфазного течения газа с частицами и ее характеристические свойства. Постановки задач для этой системы.

Тема 6. Численные методы решения задач математической физики и постановки задач. Понятие корректно поставленной задачи. Аппроксимация и устойчивость численного решения. Теорема Лакса. Ошибки аппроксимации и их роль в сходимости численного решения к точному решению поставленной задачи. Связь требований корректности поставленной задачи с ее численным решением

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

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

Темы для самостоятельной работы (эссе):

- модель течения газа с частицами.
- постановка задачи для уравнения теплопроводности,
- понятие корректно поставленной задачи,
- уравнение Больцмана,
- первая краевая задача для уравнения Лапласа,
- характеристики уравнения колебаний струны,
- критическое число Рейнольдса,
- уравнение переноса,
- третья начально-краевая задача диффузии,
- характеристики уравнения Лапласа.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и одну задачу. Продолжительность экзамена 45 минут.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Уравнения газовой динамики.
2. Уравнения Навье-Стокса.
3. Вторая краевая задача для уравнения Лапласа.
4. Уравнения движения частиц.
5. Принцип максимума для уравнения теплопроводности.
6. Общее решение уравнения колебаний струны.
7. Постановка задачи для сверхзвукового течения газа.
8. Постановка задачи для дозвукового течения газа..
9. Уравнения сплошной среды из частиц.
10. Граничные условия задачи Коши для сверхзвукового течения газа.
11. Теорема единственности решения первой краевой задачи для уравнения Лапласа.
12. Характеристики уравнений движения частиц.
13. Условия для уравнения теплопроводности на границе с фазовым переходом
14. Условия для уравнения диффузии на границе с фазовым переходом .
15. Турбулентный тепло-и массообмен.
16. Разрывы в газовой динамике..
17. Понятие устойчивости решения задачи.
18. Корректность постановки задачи по Адамару..
19. Понятие численной аппроксимации.
20. Теорема Лакса.

Результаты экзамена определяются оценками «Отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно».

<b>Уровень</b>	<b>Качество ответов при собеседовании</b>	<b>Оценка</b>
1	Не ответил на вопросы	неудовлетворительно
2	Фрагментарные ответы на основные и дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.	неудовлетворительно
3	Формальные ответы на основные вопросы, слабое понимание физической сути при ответах на дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые	удовлетворительно

	понятия	
4	<p>Ответы на основные вопросы с замечаниями. Имеются разного уровня замечания по дополнительным вопросам.</p> <p>Оценка выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему некритичные неточности в материале.</p>	хорошо
5	<p>Ответы на основные и дополнительные вопросы без существенных замечаний.</p> <p>Оценка выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике</p>	отлично

Оценивание производится с учетом данных о посещаемости занятий, результатов выполнения контрольных работ, работы в электронной-образовательной среде.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22447>

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

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

а) основная литература:

1. Липанов А.М. Теоретическая гидромеханика ньютоновских сред \М.: Наука, 2011, 543 с. 6. Райзер Ю.П. Введение в гидрогазодинамику и теорию ударных волн для физиков. Инфра-М. 2011. 432 с.
2. Данилов, Н.Н. Математическое моделирование: учебное пособие: учебное пособие. —Кемерово : Издательство КемГУ (Кемеровский государственный университет), 2014. — 98 с.
3. Горлач, Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. СПб.: Лань, 2016. — 292 с.
4. Маликов, Р.Ф. Основы математического моделирования: учебное пособие. М. : Горячая линия-Телеком, 2010. — 368 с.
5. Владимиров В.С. Уравнения математической физики.\М.: Наука, 2003, 500 с.

б) дополнительная литература:

1. Годунов С.К. Уравнения математической физики\М.:Наука,1974, 416 с.
2. Курант Р. Гильберт Д. Уравнения математической физики \ М.:ОГИЗ,1945, 620 с.
3. Шварц Л. Математические методы для физических наук \ М.: Мир,1965, 412 с.
4. Рихтмайер Р. Принципы современной математической физики.\М.:Мир,1982, 486с.
5. Курант Р. Фридрихс К. Сверхзвуковые течения и ударные волны.\М.: Изд.Ин-лит.,1958, 560 с.
6. Ладьженская О. Краевые задачи математической физики.\М.: Наука,1973, 407с.
7. Тихонов А.Н. Самарский А.В. Уравнения математической физики.\М.: Наука, 1977,

735 с.

8. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. \М.: Наука, 2000, 431 с.
9. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. \М.: Наука, 2003, 500 с.
10. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. \М.: Наука, 1971, 412 с.
11. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. \М.: Мир, 1980, 616 с.

### **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 OneNote, 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.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

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

Крайнов Алексей Юрьевич, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой математической физики ФТФ ТГУ