

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 аэродинамике**

по направлению подготовки

**24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Баллистика и гидроаэродинамика**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер, инженер-разработчик**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Е.И. Борзенко

К.С. Рогаев

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2024

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-7 Способен нести ответственность за принятие решений по части или всем сложным видам инженерной деятельности

ПК-2 Способен проводить наблюдения и измерения, составлять их описания и формулировать выводы

ПК-3 Математическое описание объектов исследования – разработка алгоритмов

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-7.2 Умеет выбирать средства и технологии, в том числе с учетом последствий их применения в профессиональной сфере, определять приоритеты профессиональной деятельности и способы ее совершенствования

РОПК-2.1 Знает цели и задачи проводимых исследований и разработок

РОПК-2.2 Умеет применять методы проведения экспериментов

РОПК-3.1 Знает основы информационных технологий в области информационно телекоммуникационной сети «Интернет»

РОПК-3.2 Умеет применять фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Владение студентами фундаментальными основами знаний теории и практики исследований в области аэродинамики, методами расчета движения газа около твердого недеформируемого тела при до - и сверхзвуковых скоростях в рамках различных газодинамических подходов с определением области применения того или иного метода, методами расчета сил и моментов, действующих на летательный аппарат во время полета.

– Подготовка их к решению комплекса задач, связанных с построением математических моделей и определением характеристик летательных аппаратов, проведением расчетных работ, анализа состояния исследуемого вопроса и определения направления исследований.

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

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

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

Восьмой семестр, экзамен

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Физика», «Математический анализ», «Теоретическая механика», «Информатика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математическая физика».

## **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.** Задачи исследования течений газа около твердого тела. Соотношение газодинамического и экспериментального подходов. Аэродинамические силы и моменты. Силовое воздействие газа на движущееся в нем тело. Законы подобия и размерностей в аэродинамике. Основные соотношения для аэродинамических характеристик в условиях подобия.

**Тема 2.** Приближенные аналитические методы. Метод "местных конусов". Метод "ньютонова торможения". Ограничения приближенных аналитических методов.

**Тема 3.** Метод характеристик. Задача Коши. Уравнения характеристик. Схема решения газодинамических задач методом характеристик.

**Тема 4.** Конечно-разностные методы. Методы построения разностных схем для уравнений газовой динамики. Схемы Лакса, Лакса-Вендрофа, Годунова. Методы "расщепления" в задачах газовой динамики. Подход Эйлера-Лагранжа-Харлоу.

**Тема 5.** Нестационарная аэродинамика. Неустановившееся сверхзвуковое обтекание тел. Свойства аэродинамических производных. Приближенные методы определения нестационарных аэродинамических характеристик. Гипотезы гармоничности и стационарности.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ по лекционному материалу, выполнения лабораторно-практических работ, 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**

Экзамен в восьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

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» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22477>

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

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

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

а) основная литература:

1. Краснов Н. Ф. Аэродинамика: учебник для вузов. Ч. 1. Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла / Н. Ф. Краснов. – Изд. 6-е. – Москва: URSS, 2018. 496 с.
2. Краснов Н. Ф. Аэродинамика: учебник для вузов. Ч. 2. Методы аэродинамического расчета / Н. Ф. Краснов. – Москва: URSS, 2021. 412 с.
3. Богоряд И.Б. Введение в динамику ракет. – Томск: изд-во Том. Ун-та, 2013. – 136с. <https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000467066>
4. Зализняк В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений: учебник и практикум / В. Е. Зализняк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2016. – 356 с.
5. Абакумов М. В. Лекции по численным методам математической физики: учебное пособие / М. В. Абакумов, А. В. Гулин; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Факультет вычислительной математики и кибернетики. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 157 с.: ил.
6. Башкин В. А. Численное исследование задач внешней и внутренней аэродинамики / В. А. Башкин, И. В. Егоров. – М.: Физматлит, 2013. – 331 с.

б) дополнительная литература:

1. Тихонов А. Н. Уравнения математической физики: [учебное пособие для вузов] / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – Изд. 5-е, стереотип. – М.: Наука, 1977. – 735 с.
2. Рихтмайер Р. Разностные методы решения краевых задач / Р. Рихтмайер, К. Мортон; под ред. Б. М. Будака, А. Д. Горбунова. – М.: Мир, 1972. – 418с.
3. Ковеня В. М., Яненко Н.Н. Метод расщепления в задачах газовой динамики / В. М. Ковеня, Н. Н. Яненко; отв. ред. Ю. И. Шокин. – Новосибирск: Наука, 1981. – 304с.
4. Арсенин В. Я. Методы математической физики и специальные функции: учебное пособие для студентов вузов. – М.: Наука, 1974. – 432 с.
5. Численное решение многомерных задач газовой динамики / С. К. Годунов, А. В. Забродин, М. Я. Иванов [и др.]; под ред. С. К. Годунова. – М.: Наука, 1976. – 400 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- Все виды информационных ресурсов Научной библиотеки ТГУ.
- Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» <https://cyberleninka.ru>
- Образовательная платформа «Юрайт» <https://urait.ru>
- НЭБ - Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru>
- Информационные источники 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 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.);
- публично доступные среды программирования (MS Visual Studio Community, C++Builder Community Edition, Eclipse IDE 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 практического 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**

Биматов Владимир Исмагилович, док. физ.-мат. наук, профессор кафедры динамики полета ФТФ ТГУ.

Ушакова Ольга Владимировна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры динамики полета ФТФ НИ ТГУ.