

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

**Пакеты прикладных программ**

по направлению подготовки

**24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

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

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

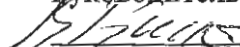
Год приема

**2022**


Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.04

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

**Пакеты прикладных программ**

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.04

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-6 Способен разрабатывать и использовать новые подходы и методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров.

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 6.1 Знать передовые методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров

ИОПК 6.2 Уметь разрабатывать и использовать новые подходы и методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров

ИОПК 6.3 Владеть навыками анализа влияния аэродинамических и баллистических параметров на характеристики объектов ракетно-космической техники

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Освоить пакеты прикладных программ с открытым исходным кодом в ОС Linux.
- Научиться выполнять построение твердотельных моделей в пакете Salome.
- Научиться выполнять построение расчетной сетки в пакете Salome.
- Научиться выполнять построение расчетной сетки с использованием утилит blockMesh и snappyHexMesh в пакете OpenFOAM.
- Научиться применять утилиты и решатели пакета OpenFOAM для решения прикладных задач.
- Научиться обрабатывать и визуализировать результаты расчетов с использованием пакета ParaView.

## **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**

Второй семестр, зачет с оценкой

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: 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 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 24 ч.

-практические занятия: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Настройка окружения

Знакомство с командной строкой Linux. Установка пакетов OpenFOAM, Salome и ParaView.

Тема 2. Salome Geometry

Знакомство с модулем Geometry пакета Salome. Изучение инструментов для построения твердотельных трехмерных моделей.

Тема 3. Salome Mesh

Знакомство с модулем Mesh пакета Salome. Изучение инструментов для построения расчетных сеток – гексаэдральных и тетраэдральных.

Тема 4. icoFoam OpenFOAM

Знакомство со структурой пакета OpenFOAM. Запуски тестовых задач. Построение расчетной области в Salome и ее импортирование в кейс задачи OpenFOAM.

Тема 5. damBreak OpenFOAM и Salome

Написание скрипта Python для автоматизированного создания расчетной области и сетки в Salome. Исследование на сеточную сходимость задачи, на примере двух фазной задачи – падение столба воды. Распараллеливание задачи в OpenFOAM.

Тема 6. hopper OpenFOAM

Лагранжев траекторный подход. Решение задачи песочных часов с использованием Salome и OpenFOAM.

Тема 7. blockMesh OpenFOAM дорожка Кармана

Изучение утилиты blockMesh. Решение задачи вихревой дорожки Кармана.

Тема 8. rhoPimpleFoam OpenFOAM сопло и струя

Пример решения задачи газовой динамики, течение газа в сопле и струе в осесимметричной постановке.

Тема 9. motorBike OpenFOAM simpleFoam

Изучение утилиты snappyHexMesh. Пример решения трехмерной задачи обтекания мотоциклиста.

Тема 10. snappyHexMesh OpenFOAM

Применение утилиты snappyHexMesh для автоматизированной постройке гексаэдральной расчетной сетки для произвольных твердых тел. Написание bash скриптов.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

**Зачет с оценкой во втором семестре** проводится в виде теста. Тест содержит 10 вопросов. Продолжительность зачета 10 минут.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Вопрос 1. Каким соотношением определяется число Рейнольдса для несжимаемой среды
2. Вопрос 2. Каким соотношением определяется критерий Куранта
3. Вопрос 3. В какой директории определяются НУ и ГУ в OpenFOAM
4. Вопрос 4. Какой командой выполняется запуск задачи параллельно на 4 процесса
5. Вопрос 5. В какой директории хранится расчетная сетка в OpenFOAM
6. Вопрос 6. Для чего предназначена утилита blockMesh
7. Вопрос 7. В какой формат можно экспортировать сетку Salome для импортирования в OpenFOAM
8. Вопрос 8. Для чего предназначена программа ParaView
9. Вопрос 9. За что отвечает утилита snappyHexMesh
10. Вопрос 10. За что отвечает утилита IdeasUnvToFoam

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» – 88%-100%

Оценка «хорошо» – 74%-87%

Оценка «удовлетворительно» – 60%-73%

Оценка «неудовлетворительно» – 0%-45%

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=32737>

б) Видео-уроки, выложенные на платформе YouTube - <https://www.youtube.com/playlist?list=PLn7nFb49CI6QETVC2JHLYFTN4Qo8liC4y>

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

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Toro E. F. Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics / E. F. Toro. – Berlin: Springer-Verlag, 2009. – 724 p.

– Roos Launchbury D. Unsteady Turbulent Flow Modelling and Applications / D. Roos Launchbury. – Berlin: Springer Vieweg, 2016. – 84 p.

– Пантакар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. Пантакар. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.

– Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа : учеб. для вузов : 7-е изд., испр. / Л. Г. Лойцянский. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.

– Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика : в 2 ч. : учеб. руководство для вузов : 5-е изд., перераб. и доп. / Г. Н. Абрамович. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – Ч. 1 – 600 с.

– Страуструп Б. Язык программирования Си++ : научное издание / Б. Страуструп ; пер. с англ.: М. Г. Пиголкин, В. А. Яницкий. - М. : Радио и связь, 1991. - 348 с.

– Немнюгин С. А. Эффективная работа: UNIX / Сергей Немнюгин, Михаил Чаунин, Андрей Комолкин. - СПб. [и др.] : Питер [и др.], 2003. - 682 с.

– Курячий Г. Операционная система Linux. Курс лекций. Учебное пособие / Г. Курячий, К. Маслинский. - М: ДМК Пресс, 2016. - 510 с.

б) дополнительная литература:

– Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. – М.: Наука, 1988. – 736с.

– Jasak H. Error analysis and estimation in the Finite Volume method with applications to fluid flows : PhD Thesis / H. Jasak. – London: University of London, 1996. – 394 p.

– Ковеня В. М. Методы конечных разностей и конечных объемов для решения задач математической физики : учеб. пособие / В. М. Ковеня, Д. В. Чирков. – Новосибирск: НГУ Мех.-мат. фак., 2013. – 86 с.

– Смирнов Е. М. Метод конечных объемов в приложениях к задачам гидрогазодинамики и теплообмена в областях сложной геометрии / Е. М. Смирнов, Д. К. Зайцев // Научно-технические ведомости. – 2004. – №2. – С. 1-22.

– Ferziger J. H. Computational methods for fluid dynamics / J. H. Ferziger, M. Peric. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 356 p.

– Джонс Р. Программируем на СИ / Пер. с англ. и предисл. М. Л. Сальникова, Ю. В. Сальниковой. - М. : ЮНИТИ, Компьютер, 1994. - 236 с.

– Петерсен Р. Энциклопедия Linux : [Руководство : Пер. с англ. ] / Ричард Петерсен. - 4-е изд. - СПб. и др. : Питер : BHV, 2002. - 1004 с.

– Moukalled F. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics / F. Moukalled, L. Mangani, M. Darwish. – Berlin: Springer International Publishing, 2015. – 791 p.

в) ресурсы сети Интернет:

– Официальный сайт The OpenFOAM Foundation - <http://openfoam.org>

– Официальный сайт The OpenFOAM Foundation - <http://openfoam.com>

– Официальный сайт ParaView - <https://www.paraview.org/>

– Официальный сайт Salome - <https://www.salome-platform.org/>

– Официальный сайт ОС Ubuntu - <https://ubuntu.com/>

– Не официальная страница wiki OpenFOAM - <https://openfoamwiki.net/>

– Группа OpenFOAM в ВК - <https://vk.com/openfoam>

– Онлайн сервис по CFD - <https://www.cfd-online.com/>

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– ОС Linux Ubuntu;

– OpenFOAM;

– ParaView;

– Salome;

– GnuPlot;

– публично доступные облачные технологии ([Sourceforge](https://sourceforge.net/)).

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; компьютерный класс.

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**

Кагенов Ануар Магжанович, кандидат физико-математических наук, кафедра прикладной аэромеханики Физико-технического факультета, доцент.