

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан



Ю.Н. Рыжих

20 23 г.

**Аннотация к рабочим программам дисциплин (модулей) и практик**

по направлению подготовки / специальности

**16.04.01 Техническая физика**

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:  
**Компьютерный инжиниринг высокоэнергетических систем,  
профессиональный модуль «Компьютерные технологии  
проектирования ракетных двигателей»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**магистр-инженер**

Год приема

**2023**

### **Б1.О.01 Теоретические основы переработки полимерных материалов**

Дисциплина обязательная для изучения.

Второй семестр, зачет

Язык реализации – русский.

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

лекции: 12 ч;

практические занятия: 14 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 14 ч.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Общие сведения классической гидродинамики. Идеальная жидкость. Уравнения Эйлера. Вязкая жидкость. Уравнение Навье-Стокса.

Тема 2. Неньютоновские жидкости. Общие сведения. Степенное реологическое уравнение. Вязкопластичная жидкость. Основная система уравнений.

Тема 3. Конвективная диффузия в жидкостях. Общие сведения о диффузионной кинетике в жидкостях. Уравнение конвективной диффузии в жидкостях. Граничные условия.

Тема 4. Капиллярное движение. Поверхностный слой. Условие равновесие между двумя жидкими фазами. Капиллярное движение. Граничные условия на поверхности раздела двух жидкостей.

Тема 5. Волны на поверхности жидкости. Гравитационные волны. Капиллярные волны. Волны на поверхности вязкой жидкости.

Тема 6. Движение жидкости в тонких пленках. Уравнения пленочного движения. Стеkanie жидкости по наклонной плоскости. Определение толщины пленки. Оценка остатка массы жидкости при истечении из емкостей.

### **Б1.О.02 Пакеты прикладных программ**

Дисциплина обязательная для изучения.

Первый семестр, зачет с оценкой

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

лекции: 24 ч;

практические занятия: 24 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Настройка окружения.

Тема 2. Salome Geometry.

Тема 3. Salome Mesh.

Тема 4. icoFoam OpenFOAM.

Тема 5. damBreak OpenFOAM и Salome.

Тема 6. hopper OpenFOAM.

Тема 7. blockMesh OpenFOAM дорожка Кармана.

Тема 8. rhoPimpleFoam OpenFOAM сопло и струя.

Тема 9. motorBike OpenFOAM simpleFoam.

Тема 10. snappyHexMesh OpenFOAM.

### **Б1.О.03 Процессы теплопередачи в технических устройствах**

Дисциплина обязательная для изучения.

Первый семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

лекции: 10 ч;

практические занятия: 18 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 18 ч.

**Тематический план:**

Тема 1. Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Турбулентный перенос тепла. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах, при свободном движении жидкости, при течении газа с большой скоростью.

Тема 2. Теплоотдача при фазовых и химических превращениях. Теплообмен при конденсации пара. Теплообмен при кипении жидкости.

Тема 3. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена. Тепло- и массоотдача. Критерии подобия. Тройная аналогия. Теплообмен излучением между твердыми телами, расположенными в прозрачной среде. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах.

Тема 4. Теплообменные аппараты. Холодильные машины. Конденсаторы. Испарители. Градирни. Теплообменные устройства. Воздухоохлаждаемые теплообменники. Тепловые трубы. Топки и камеры сгорания. Сушильные установки. Теплообмен в РДТТ, в ЖРД, в ДВС, в АУ, в котлах.

**Б1.О.04 Введение в аддитивные технологии**

Дисциплина обязательная для изучения.

Второй семестр, зачет с оценкой

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

лекции: 12 ч;

практические занятия: 20 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 20 ч.

**Тематический план:**

Тема 1. Понятие аддитивных технологий. Ресурсоемкость и экологичность аддитивных технологий.

Тема 2. Виды аддитивных технологий. Перспективы дальнейшего развития аддитивных технологий.

Тема 3. Методы построения твердотельных моделей деталей в САПР Компас – 3D.

Тема 4. Создание 3D модели технологического устройства.

**Б1.О.05 Вычислительные технологии и численные методы решения задач тепломассопереноса**

Дисциплина обязательная для изучения.

Второй семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

лекции: 14 ч;

практические занятия: 14 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 14 ч.

**Тематический план:**

Тема 1. Численные методы решения задач теплопроводности. Способы задания неравномерных сеток.

Тема 2. Численные методы решения многомерных задач теплопроводности. Метод покоординатного расщепления. Метод продольно-поперечной прогонки. Разностные схемы для решения трехмерных задач.

Тема 3. Численные методы решения задач кондуктивно- конвективного теплопереноса. Построение схем второго порядка точности по пространству.

Тема 4. Обзор методов решения сопряженных задач гидро-газодинамики, макрокинетики, теплофизики.

#### **Б1.О.06 Специальные вопросы применений твердых топлив в двигательных установках**

Дисциплина обязательная для изучения.

Второй семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:  
лекции: 10 ч;

практические занятия: 14 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 14 ч.

#### **Б1.О.07 Вычислительная гидродинамика**

Дисциплина обязательная для изучения.

Первый семестр, зачет с оценкой

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:  
лекции: 10 ч;

практические занятия: 20 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 20 ч.

##### **Тематический план:**

Тема 1. Основные понятия теории разностных схем.

Тема 2. Основные приёмы построения разностных схем.

Тема 3. Методы исследования устойчивости разностных схем.

Тема 4. Разностные схемы для расчета обобщенных решений.

Тема 5. Методы расчёта течений без ударных волн.

Тема 6. Двухшаговые схемы типа Лакса-Вендроффа для нестационарных уравнений газовой динамики.

Тема 7. Метод Годунова для решения задач газовой динамики.

Тема 8. Методы расщепления.

#### **Б1.В.01 Теория тяги (Двухфазные течения в энергоустановках)**

Дисциплина обязательная для изучения.

Первый семестр, зачет с оценкой

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:  
лекции: 10 ч;

практические занятия: 20 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 20 ч.

##### **Тематический план:**

Тема 1. Общие сведения об РДТТ.

Тема 2. Физико-химические и баллистические свойства твердых топлив

Тема 3. Газовая динамика РДТТ.

Тема 4. Энергетические характеристики РДТТ.

Тема 5. Методы численного моделирования течений в сопловом блоке РДТТ.

Тема 6 Расчет кривой давления и тяги. Опытное определение кривой давления и тяги.

### **Б1.В.02 Основы теоретической и вычислительной газодинамики**

Дисциплина обязательная для изучения.

Второй семестр, зачет

Язык реализации – русский.

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

лекции: 12 ч;

практические занятия: 14 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 14 ч.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Вывод уравнений газодинамики.

Тема 2 . Поверхности сильного разрыва.

Тема 3. Одномерные нестационарные течения

Тема 4. Типовые задачи в рамках одномерной нестационарной модели.

Тема 5. Задача о распаде произвольного разрыва.

Тема 6 Основные понятия теории разностных схем..

Тема 7. Основные приёмы построения разностных схем

Тема 8. Методы исследования устойчивости разностных схем.

Тема 9. Разностные схемы для расчета обобщенных решений

Тема 10 Двухшаговые схемы типа Лакса-Вендроффа для нестационарных уравнений газовой динамики. Схемы с явной искусственной вязкостью.

Тема 11. Метод Годунова для решения задач газовой динамики.

### **Б1.В.ДВ.01.01 Пакеты прикладных программ для численного моделирования внутрикамерных процессов РДТТ**

Элективная дисциплина.

Второй семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

лекции: 10 ч;

практические занятия: 14 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 14 ч.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Знакомство с работой в среде Ansys Workbench. Интерфейс приложения DesignModeler. Создание эскиза. Создание тел с помощью приложения DesignModeler. Основные операции над телами в DesignModeler. Дополнительные операции над телами в приложении DesignModeler. Дополнительная информация по созданию областей. Тестирование по теме 1. Итоговое задание по теме 1.

Тема 2. Знакомство с интерфейсом приложения ANSYS Meshing. Глобальные инструменты построения сеток в ANSYS Meshing. Локальные инструменты управления построением сеток. ANSYS Meshing. Методы построения сеток для 3D областей в ANSYS Meshing. Дополнительная информация по построению сетки. Тестирование по теме 2. Итоговое задание по теме 2.

Тема 3. Знакомство с интерфейсом приложения ANSYS Fluent. Модель течения газа в осесимметричном сопле Лаваля. ANSYS Fluent. Контроль расчетов, нахождение интегральных характеристик. Обработка и представление результатов расчетов. ANSYS

Fluent. Дополнительная информация по Ansys Fluent. Тестирование по теме 3. Итоговое задание по теме 3.

Тема 4. Знакомство с интерфейсом приложения Results (CFD-Post). Построение распределения параметра внутри области. Калькулятор функций, создание выражений и переменных. Дополнительная информация по CFD Post (Results). Тестирование по теме 4. Итоговое задание по теме 4.

Тема 5. Ansys FLUENT для решения прикладных задач. Ламинарное течение несжимаемой жидкости в круглой трубе. Турбулентное течение несжимаемой жидкости в круглой трубе.

### **Б1.В.ДВ.01.02 Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов**

Элективная дисциплина.

Второй семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

лекции: 10 ч;

практические занятия: 14 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 14 ч.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Введение в курс. Современные методы экспериментального исследования физико-кинетических характеристик высокоэнергетических материалов (ВЭМ). Компоненты ВЭМ.

Тема 2. Методы исследования дисперсного состава компонентов ВЭМ. Определение гранулометрического состава. Определение удельной поверхности порошков методом БЭТ. Определение физико-химических характеристик порошка алюминия. Исследование характеристик термического разложения компонентов ВЭМ.

Тема 3. Методы зажигания ВЭМ: кондуктивный метод, лучистое зажигание, лазерное зажигание.

Тема 4. Методы определения стационарной скорости горения в широком диапазоне давлений.

Тема 5. Определение законов горения ВЭМ.

Тема 6. Диагностика дисперсности и химического состава продуктов сгорания ВЭМ.

Тема 7. Методика расчета компонентного состава ВЭМ.

Тема 8. Методика термодинамического расчета энергетических характеристик ВЭМ.

Тема 9. Программный комплекс "TERRA".

### **Б1.В.ДВ.02.01 Внутренняя баллистика**

Элективная дисциплина.

Первый семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

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

лекции: 32 ч;

Язык реализации – русский.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Общие сведения об РДТТ.

Тема 2. Физико-химические и баллистические свойства ТТ.

Тема 3. Газовая динамика РДТТ.

Тема 4. Энергетические характеристики РДТТ.

### **Б1.В.ДВ.02.02 Основы динамики двухфазных потоков**

Элективная дисциплина.

Первый семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

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

лекции: 32 ч;

Язык реализации – русский.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Общие понятия и определения.

Тема 2. Двухфазные потоки в изобарических условиях.

Тема 3. Двухфазные потоки в неизобарических условиях.

Тема 4. Моделирование двухфазных течений в энергетических устройствах с использованием коммерческого прикладного пакета Ansys Fluent.

### **Б1.В.ДВ.02.03 Основы моделирования внутрикамерных процессов**

Элективная дисциплина.

Первый семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

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

лекции: 32 ч;

Язык реализации – русский.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Общие сведения о РДТТ.

Тема 2. Физико-химические и баллистические свойства ТТ.

Тема 3. Газовая динамика РДТТ.

Тема 4. Энергетические характеристики РДТТ.

### **Б1.В.ДВ.03.01 Баллистическое проектирование ствольных систем**

Элективная дисциплина.

Первый семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

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

лекции: 32 ч;

практические занятия: 14 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 14 ч.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Общая схема проектирования артиллерийского комплекса.

Тема 2. Баллистические параметры орудий.

Тема 3. Основы устройства артиллерийского выстрела.

Тема 4. Теоретические основы баллистического проектирования.

Тема 5. Решение экстремальных задач баллистического проектирования.

Тема 6. Инженерные методики баллистического проектирования.

Тема 7. Практика баллистического расчета.

Тема 8. Баллистическое проектирование на основе газодинамических моделей выстрела.

Тема 9. Применение методов оптимизации для определения законов горения и газообразования порохов в артиллерийском выстреле.

### **Б1.В.ДВ.03.02 Нестационарные режимы горения конденсированных систем**

Элективная дисциплина.

Первый семестр, экзамен

Язык реализации – русский.

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

лекции: 10 ч;

практические занятия: 14 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 14 ч.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Классификация нестационарных режимов горения конденсированных систем.

Тема 2. Стационарный режим горения конденсированных систем.

Тема 3. Феноменологическая теория нестационарного горения конденсированных систем.

Тема 4. Экспериментальные методы исследования нестационарной скорости горения.

Тема 5. Процессы гашения конденсированных систем.

Тема 6. Горение конденсированных систем в условиях обдувающего потока.

Тема 7. Неустойчивые режимы горения конденсированных систем.

Тема 8. Горение конденсированных систем в поле перегрузок.

Тема 9. Регулируемые РДТТ.

Тема 10. Современные подходы к моделированию нестационарного горения конденсированных систем.

### **Б1.В.ДВ.04.01 Специальные вопросы химии энергетических конденсированных веществ**

Элективная дисциплина.

Второй семестр, зачет

Язык реализации – русский.

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

лекции: 10 ч;

практические занятия: 18 ч;

Язык реализации – русский.

в том числе практическая подготовка: 18 ч.

#### **Тематический план:**

Тема 1. Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Подobie и моделирование процессов конвективного теплообмена.

Тема 2. Теплоотдача при фазовых и химических превращениях. Теплообмен при конденсации пара. Теплообмен при кипении жидкости.

Тема 3. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена.

Тема 4. Теплообменные аппараты. Холодильные машины. Конденсаторы. Испарители. Теплообменные устройства.

### **Б1.В.ДВ.04.02 Нестационарные режимы горения конденсированных систем**

Элективная дисциплина.

Второй семестр, зачет

Язык реализации – русский.

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

лекции: 10 ч;

практические занятия: 18 ч;

Язык реализации – русский.



в том числе практическая подготовка: 18 ч.

**Тематический план:**

Тема 1. Классификация нестационарных режимов горения конденсированных систем.

Тема 2. Стационарный режим горения конденсированных систем.

Тема 3. Феноменологическая теория нестационарного горения конденсированных систем.

Тема 4. Экспериментальные методы исследования нестационарной скорости горения.

Тема 5. Процессы гашения конденсированных систем.

Тема 6. Горение конденсированных систем в условиях обдувающего потока.

Тема 7. Неустойчивые режимы горения конденсированных систем.

Тема 8. Горение конденсированных систем в поле перегрузок.

Тема 9. Регулируемые РДТТ.

Тема 10. Современные подходы к моделированию нестационарного горения конденсированных систем.

**Б2.О.01.01(У) Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)**

Вид: учебная.

Тип: Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы).

Практика обязательная для изучения.

Первый семестр, зачет с оценкой

Практика проводится на базе профильной организации - Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз».

Способы проведения: выездная (Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз» ).

Форма проведения: путем чередования с реализацией иных компонентов ОПОП в соответствии с календарным графиком и учебным планом.

Общая трудоемкость практики составляет 6 з.е., 216 ч.

Продолжительность практики составляет: 4 нед.

**Б2.О.02.01(П) Научно-исследовательская работа**

Вид: производственная.

Тип: Научно-исследовательская работа.

Практика обязательная для изучения.

Второй семестр, зачет с оценкой

Третий семестр, зачет с оценкой

Практика проводится на базе профильной организации - Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз».

Способы проведения: выездная (Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз» ).

Форма проведения: путем чередования с реализацией иных компонентов ОПОП в соответствии с календарным графиком и учебным планом.

Общая трудоемкость практики составляет 40 з.е., 1 440 ч.

Продолжительность практики составляет: 26 нед. 4 дня

**Б2.О.02.02(П) Преддипломная практика**

Вид: производственная.

Тип: Преддипломная практика.

Практика обязательная для изучения.

Четвертый семестр, зачет с оценкой

Практика проводится на базе профильной организации - Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз».

Способы проведения: выездная (Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз» ).

Форма проведения: путем чередования с реализацией иных компонентов ОПОП в соответствии с календарным графиком и учебным планом.

Общая трудоемкость практики составляет 23 з.е., 828 ч.

Продолжительность практики составляет: 15 нед. 2 дня