

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа учебной практики

**Научно-исследовательская работа**  
**(получение первичных навыков научно-исследовательской работы)**

по направлению подготовки / специальности

**16.04.01 Техническая физика**

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

**Компьютерный инжиниринг высокоэнергетических систем**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

А.Ю. Крайнов

А.В. Шваб

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

## **1. Цель практики**

Целью учебной практики является получение обучающимися первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности, направленное на формирование следующих компетенций:

- УК-1 – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- УК-2 – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;
- УК-3 – Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели;
- УК-6 – Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки;
- ОПК-1 – Способен к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов в своей профессиональной деятельности;
- ОПК-2 – Способен использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе технической физики;
- ОПК-3 – Способен работать в научном коллективе, готов генерировать, оценивать и использовать новые идеи, способен находить творческие, нестандартные решения профессиональных и социальных задач;
- ОПК-4 – Способен вскрывать физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе осуществления профессиональной деятельности, проводить их качественный и количественный анализ;
- ОПК-5 – Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, участвовать в научной и инновационной деятельности;
- ОПК-6 – Способен осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов;
- ОПК-7 – Способен представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций;
- ОПК-8 – Способен проводить патентные исследования, определять формы и методы правовой охраны и защиты прав на результаты интеллектуальной деятельности;
- ПК-1 – Способен составлять теплофизические модели профессиональных задач по определению теплового режима на практике, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный, физический смысл полученного математического результата;
- ПК-2 – Способен самостоятельно применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения, интерпретировать физический смысл полученного математического результата и документировать его в виде отчета;
- ПК-3 – Способен самостоятельно применять знания на практике по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, экспериментов и наблюдений;
- ПК-4 – Способен самостоятельно применять знания на практике по проектированию модели сложного изделия, изготавливаемого методами аддитивных технологий.

## **2. Задачи практики**

– углубление и расширение теоретических знаний, умений и навыков, полученных студентами в процессе теоретического обучения по общим и профессиональным дисциплинам (УК-1, ОПК-2);

- применение на практике знаний, умений и навыков, приобретенных в процессе обучения (ОПК-1);
- получение опыта самостоятельной профессиональной деятельности, овладение умениями и навыками самостоятельного решения поставленных научным руководителем задач (УК-2, ПК-3);
- поиск, систематизация и изучение учебной, научной и специальной литературы, сбор и обработка материалов, необходимых для составления отчета по практике (УК-1, ОПК-8);
- приобретение новых и развитие имеющихся навыков в работе с математическими моделями профессиональных задач, навыков нахождения способов их решения и интерпретирования профессионального, физического смысла полученного математического результата (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-4);
- формирование представления о будущей профессии, адаптация к условиям профессиональной деятельности и закрепление интереса к выбранной профессии (ПК-1, ПК-2, ПК-4);
- совершенствование и дальнейшее развитие навыков работы в коллективе (УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-3).
- развитие навыков оформления отчетных материалов по итогам практики и защиты отчета (ОПК-7).

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

Практика относится к Блоку 2 «Практика».

Практика относится к обязательной части образовательной программы.

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

Первый семестр, зачет.

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

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

### **6. Способы и формы проведения практики**

Практика проводится на базе ТГУ или на базе профильной организации (Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз», РФЯЦ – ВНИИТФ, ВНИИЭФ, ИПХЭТ СО РАН, ФНПЦ «Алтай», ТНЦ СО РАН, АО "ТомскНИПИнефть").

Способы проведения: стационарная или выездная (Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз», РФЯЦ – ВНИИТФ, ВНИИЭФ, ИПХЭТ СОРАН, ФНПЦ «Алтай», ТНЦ СО РАН, АО "ТомскНИПИнефть").

Форма проведения: непрерывно в соответствии с календарным графиком и учебным планом.

### **7. Объем и продолжительность практики**

Объем практики составляет 3 зачётных единицы, 108 часов, из которых:

- практические занятия: 8 ч.;
- иная контактная работа: 44 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

Практика проводится в форме практической подготовки.

Продолжительность практики составляет 2 недели.

## 8. Планируемые результаты практики

Результатами прохождения практики являются следующие индикаторы достижения компетенций:

- ИУК-1.1 – Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет её многофакторный анализ и диагностику;
- ИУК-1.2 – Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации;
- ИУК-1.3 – Предлагает и обосновывает стратегию действий с учетом ограничений, рисков и возможных последствий;
- ИУК-2.1 – Формулирует цель проекта, обосновывает его значимость и реализуемость;
- ИУК-2.2 – Разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений;
- ИУК-2.3 – Обеспечивает выполнение проекта в соответствии с установленными целями, сроками и затратами;
- ИУК-3.1 – Формирует стратегию командной работы на основе совместного обсуждения целей и направлений деятельности для их реализации;
- ИУК-3.2 – Организует работу команды с учетом объективных условий (технология, внешние факторы, ограничения) и индивидуальных возможностей членов команды;
- ИУК-3.3 – Обеспечивает выполнение поставленных задач на основе мониторинга командной работы и своевременного реагирования на существенные отклонения;
- ИУК-6.1 – Разрабатывает стратегию личностного и профессионального развития на основе соотнесения собственных целей и возможностей с развитием избранной сферы профессиональной деятельности;
- ИУК-6.2 – Реализует и корректирует стратегию личностного и профессионального развития с учетом конъюнктуры и перспектив развития рынка труда;
- ИУК-6.3 – Оценивает результаты реализации стратегии личностного и профессионального развития на основе анализа (рефлексии) своей деятельности и внешних суждений;
- ИОПК-1.1 – Знать основные типы современной физической, аналитической и технологической аппаратуры различного назначения, ее возможности для решения конкретных задач в различных областях технической физики;
- ИОПК-1.2 – Уметь самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней;
- ИОПК-1.3 – Владеть навыками профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов различного назначения, используемых для решения конкретных задач в различных областях технической физики;
- ИОПК-2.1 – Знать фундаментальные законы природы, основные законы и понятия естественно- научных и инженерных дисциплин;
- ИОПК-2.2 – Уметь на основе знаний по профильным разделам математических и естественно-научных дисциплин формировать собственные суждения при решении конкретных задач теоретического и прикладного характера;
- ИОПК-2.3 – Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач в различных областях технической физики;
- ИОПК-3.1 – Знать основные принципы и особенности работы в научном коллективе;
- ИОПК-3.2 – Уметь находить творческие, нестандартные решения профессиональных и социальных задач в различных областях технической физики
- ИОПК-3.3 – Владеть навыками генерации, оценивания и использования новых идей в различных областях технической физики;

- ИОПК-4.1 – Знать естественнонаучную сущность основных процессов в избранной области технической физики;
- ИОПК-4.2 – Уметь использовать методы качественного и количественного анализа для выявления физических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;
- ИОПК-4.3 – Владеть методиками анализа проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности в избранной области технической физики;
- ИОПК-5.1 – Знать основные подходы к научному поиску и разработке новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач в избранной области технической физики;
- ИОПК-5.2 – Уметь анализировать и подготавливать научные материалы для выступлений на конференциях, выставках и презентациях;
- ИОПК-5.3 – Владеть методиками профессионального роста, активного участия в научной и инновационной деятельности;
- ИОПК-6.1 – Знать современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач в избранной области технической физики;
- ИОПК-6.2 – Уметь составлять практические рекомендации по использованию полученных теоретических, расчётных и экспериментальных результатов;
- ИОПК-6.3 – Владеть методикой проведения физико-математических исследований явлений и процессов в избранной области технической физики;
- ИОПК-7.1 – Знать основные формы представления результатов исследования;
- ИОПК-7.2 – Уметь применять прикладные компьютерные программы для оформления отчетов, рефератов, публикаций и презентаций;
- ИОПК-7.3 – Владеть методиками структурного анализа результатов исследования для их представления в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций;
- ИОПК-8.1 – Знать особенности распоряжения правами на результаты интеллектуальной деятельности;
- ИОПК-8.2 – Владеть навыками выбора форм и методов правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности;
- ИОПК-8.3 – Уметь выполнять оценку преимуществ новой технологии по сравнению с аналогами;
- ИПК-1.1 – Знать фундаментальные законы теплофизики и их математическое описание применительно к определению тепловых режимов РКТ;
- ИПК-1.2 – Уметь составлять математические модели профессиональных задач в области теплофизики и находить способы их решения;
- ИПК-1.3 – Владеть навыками численного, компьютерного моделирования задач теплофизики и анализа и интерпретации получаемых результатов;
- ИПК-2.1 – Знать способы математического моделирования в области вычислительной теплофизики, аэрогазодинамики, теории горения;
- ИПК-2.2 – Уметь составлять математические модели профессиональных задач и находить способы их решения;
- ИПК-2.3 – Владеть навыками анализа и интерпретации результатов математического моделирования;
- ИПК-3.1 – Знать как осуществить и организовать сбор, анализ и систематизацию информации по проблеме исследования;
- ИПК-3.2 – Уметь анализировать, интерпретировать, оценивать, представлять результаты проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ;
- ИПК-3.3 – Владеть способами подготовки элементов документации и проведением отдельных этапов работ;
- ИПК-4.1 – Знать физические явления, происходящие в ходе изготовления изделий аддитивными методами;

– ИПК-4.2 – Уметь осуществлять поиск данных о технологических процессах изготовления изделий аддитивного производства в электронных справочных системах и библиотеках;

– ИПК-4.3 – Владеть способами применения компьютерного моделирования к процессам аддитивных технологий.

### 9. Содержание практики

Этапы практики	Виды работ, связанные с будущей профессиональной деятельностью	Часы всего (в т.ч. контактные)
1. Организационный	<p>1. Проведение собрания по организации практики:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– знакомство с целями, задачами, требованиями к практике и формами отчетности по практике (программой практики);</li> <li>– знакомство с графиком проведения практики;</li> <li>– подготовка дневников практиканта.</li> </ul> <p>(ИОПК-7.1, ИОПК-7.2, ИОПК-7.3)</p> <p>2. Инструктаж по технике безопасности при переезде к месту прохождения практики (при выезде в другой населенный пункт).</p>	4 (2)
2. Ознакомительный	<p>1. Знакомство с правилами внутреннего распорядка и иными локальными нормативными актами ТГУ / профильной организации.</p> <p>2. Инструктаж по технике безопасности и охране труда, соблюдению правил противопожарной безопасности, санитарно-эпидемиологических правил и гигиенических нормативов в ТГУ / профильной организации.</p> <p>3. Формулировка цели и задач учебной практики, составление индивидуального плана работы и списка необходимой литературы (ИУК-2.1, ИУК-2.2, ИУК-2.3, ИУК-3.1, ИУК-3.2, ИУК-3.3, ИУК-6.1, ИУК-6.2).</p>	4 (2)
3. Проектный (практический)	<p>1. Изучение современного состояния вопроса по тематике учебной практики, работа с литературой. Выбор и изучение методов решения поставленных задач (ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3, ИОПК-3.1, ИОПК-3.2, ИОПК-3.3, ИПК-4.2).</p> <p>2. Знакомство с математическими моделями профессиональных задач, способами их решения и интерпретирования профессионального, физического смысла полученного математического результата. Выполнение практических заданий в соответствии с планом учебной практики (ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ИОПК-1.3, ИОПК-2.1, ИОПК-2.2, ИОПК-2.3, ИОПК-4.1, ИОПК-4.2, ИОПК-4.3, ИОПК-5.1, ИОПК-5.3, ИОПК-6.1, ИОПК-6.2, ИОПК-6.3, ИОПК-8.1, ИОПК-8.2, ИОПК-8.3, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-2.1, ИПК-2.2, ИПК-2.3, ИПК-3.1, ИПК-4.1, ИПК-4.3).</p>	96 (46)

	3. Анализ полученных результатов	
4. Заключительный	1. Подготовка отчета и презентации по результатам учебной практики (ИОПК-5.2, ИОПК-7.2, ИПК-3.2, ИПК-3.3). 2. Защита отчета по итогам практики (ИУК-6.3).	4 (2)
	ИТОГО:	108 (52)

### 10. Формы отчетности по практике

По итогам прохождения практики обучающиеся в срок до завершения периода практики по календарному графику предоставляют руководителю практики от ТГУ. По завершению практики обучающийся должен предоставить:

- заполненный дневник практики;
- отчет о прохождении практики, оформленный в соответствии с требованиями к НИР <https://www.lib.tsu.ru/ru/oformlenie-rabot-i-spiskov-literatury> ; <https://tsu.ru/upload/medialibrary/9ff/metodicheskie-ukazaniya-k-oformleniyu-rabot-obuchayushchikhsya-ni-tgu.pdf>
- презентацию по результатам практики.

**Дневник практики.** Является основным документом, подтверждающим факт прохождения практики. Дневник заполняется обучающимся во время прохождения практики. При прохождении практики на ФТФ НИ ТГУ дневник практики подписывается руководителем практики от НИ ТГУ и научным руководителем ВКР (в случае, если он не является руководителем практики от ТГУ).

**Отчет о прохождении практики** является основанием для оценки компетенций, сформированных у обучающегося в ходе прохождения практики.

Отчет о практике должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) содержание;
- 3) введение;
- 4) основную часть;
- 5) заключение;
- 6) список использованных источников;
- 7) приложения (при необходимости).

Во введении должны быть отражены:

- место и время прохождения практики (указать количество недель);
- цель и задачи практики, индивидуальное задание на практику;
- актуальность выполнения индивидуального задания; объект и предмет практики.

**Во Введении** указываются цель, задачи и объект практики, индивидуальное задание обучающегося. Обозначается основная проблема объекта практики, кратко характеризуются методы её исследования.

**В основной части отчета** необходимо отразить ход выполнения индивидуального задания. Основную часть отчёта принято разбивать на несколько глав. Первый раздел, как правило, это краткая характеристика объекта практики, и подробное описание исследуемой проблемы. Следующие разделы описывают ход выполнения индивидуального задания практики. В рамках научно-исследовательской работы студенту рекомендуется в основной части отчёта описать следующее:

- актуальность выбранной темы исследования;
- проблему, цель и задачи исследования;
- обоснование выбор метода(ов) исследования;
- анализ литературы по исследуемой проблеме.

**Заключение** – в данном разделе подводятся итоги практики, степень достижения планируемых результатов обучения, а также перечисляются выполненные разделы

индивидуального задания на практику. В заключении необходимо дать анализ наиболее сложных и характерных вопросов, изученных в этот период, по возможности сформулировать предложения по их разрешению. В заключении также должны содержаться рекомендации по дальнейшему исследованию или области применения полученных результатов.

**Список использованных источников:** должны быть представлены источники, которые были использованы при подготовке литературного обзора. В качестве источников могут быть: нормативно-правовые акты, учебники, учебно-методические пособия, научные статьи и т.п.

**Общие требования к оформлению отчета по практике:** объём отчета по практике составляет не менее 25 страниц без учета приложений. Количество используемых источников должно быть не менее 12, из которых как минимум 5 зарубежных источников. Требования к оформлению отчёта по практике представлены в «Методические указания к оформлению результатов научно-исследовательских работ и иных отчётных материалов обучающихся в рамках учебного процесса в НИ ТГУ» (далее «Методические указания»):

<https://tsu.ru/upload/medialibrary/9ff/metodicheskie-ukazaniya-k-oformleniyu-rabot-obuchayushchikhsya-ni-tgu.pdf>

После проверки отчёта по практике руководителем практики, обучающий должен предоставить отчёт. Нормоконтроль проводится ответственным лицом от кафедры на соответствие Методическим указаниям. Отчёт, не соответствующий Методическим указаниям возвращается обучающемуся на исправление.

Повторный нормоконтроль проводится на защите отчётов перед комиссией. В случае представления на защите отчёта, не прошедшего повторный нормоконтроль, итоговая оценка за практику может быть снижена.

**Требования к оформлению презентации для защиты отчета:** при оформлении презентации необходимо соблюдать следующие требования:

- презентация отчета по практике должна выполняться в MS Power Point и содержать до 10-15 слайдов;

- необходимо соблюдать единый стиль оформления – следует избегать размещения информации на слайдах в виде сплошного текста, который дублируется в докладе; в презентацию не помещают большие таблицы, их необходимо заменить графиками, построенными на основе этих таблиц;

- слайды должны быть пронумерованы.

Первый слайд содержит следующую информацию:

- полное наименование учебного заведения;

- наименование факультета;

- наименование кафедры;

- вид/тип практики;

- сведения об исполнителе;

- сведения о руководителе (с указанием научного звания и научной степени).

На втором слайде указывается индивидуальное задание для прохождения практики. В презентацию выносятся только информация непосредственно по выполненной работе. Теоретическая часть в презентации не отражается.

В основной части презентации, подается сжато информация об основных результатах практики. В презентации необходимо отразить основные материалы из отчета по практике.

В заключительных слайдах содержатся логические выводы и подводятся итоги практики.

## 11.1 Порядок и форма проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета путем публичной защиты обучающимися индивидуальных отчетов о прохождении практики на итоговом учебном занятии перед комиссией из не менее трех научно-педагогических работников (сотрудников кафедры), включая руководителя практики от ТГУ.

### 11.2 Процедура оценивания результатов обучения

Оценка сформированности результатов обучения осуществляется руководителем практики и комиссией на основе анализа предоставленных отчетных документов, выступления обучающегося и его ответов на вопросы. Оценка руководителя практики от профильной организации носит рекомендательный характер. При необходимости организуется закрытое заседание комиссии для обсуждения итоговой оценки.

### 11.3 Критерии оценивания результатов обучения

Результаты прохождения практики определяются оценками «зачтено», «незачтено».

Оценка «Зачтено» выставляется, если индивидуальное задание выполнено в полном объеме, обучающийся проявил высокий уровень самостоятельности и творческий подход к его выполнению; освоены компетенции по производственной практике; отчетные документы обучающийся подготовил в соответствии с требованиями и продемонстрировал необходимый уровень знаний при устной защите отчета и ответах на вопросы.

Оценка «Незачтено» - задание выполнено лишь частично, имеются многочисленные замечания по оформлению собранного материала, компетенции не освоены.

## 12. Учебно-методическое обеспечение

а) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по практике.

б) Методические указания по подготовке отчета по практике.

## 13. Перечень рекомендованной литературы и ресурсов сети Интернет

основная литература:

1. Д.А. Франк-Каменецкий. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. Долгопрудный: 2008. 408с.;

2. Буркина Р.С., Прокофьев В.Г. Основы химической кинетики: учебное пособие. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета. 2016. -112 с.

3. Коробейничев О. П. Физика и химия горения: Учеб. пособие. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2011, 250 с.

4. Ассовский И.Г. Физика горения и внутренняя баллистика. – М., «Наука», 2005, 357 с.

5. Штейнберг А.С. Быстрые реакции в энергоемких системах. – М.: «Физматлит», 2006, 208 с.

6. Вилюнов В.Н. Теория зажигания конденсированных веществ. - Новосибирск, "Наука", 1984, 187 с.

7. Высоцкий Л.И., Коперник Г.Р., Высоцкий И.С. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости.- Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 64 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=44842](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=44842)

8. Научные статьи из журналов «Физика горения и взрыва», «Теплофизика и аэромеханика», «Инженерно-физический журнал».

9. Л.Л.Миньков, Э.Р.Шрагер Численные методы решения одномерных нестационарных уравнений газовой динамики. Томск, Изд-во Томского государственного университета.
10. К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей. – М.: Мир, 1 – 2 т., 1991.
11. П.Роуч Вычислительная гидродинамика М.: Мир,., 1980г..
12. Численное решение многомерных задач газовао динамики под ред. Годунова С.К. изд-во «Наука» Москва 1976г.
13. Д.Андерсон, Дж. Таннеилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М.:Мир, 1,2.тт.,1990г.. -328 с.
14. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Аддитивные схемы для задач математической физики. М.: Наука. 2001. 319 с.
15. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1989, 536 с.
16. Берковский Б.М., Ноготов Е.Ф. Разностные методы исследования задач теплообмена. Минск: Наука и техника. 1976. 144 с.
17. Арутюнов В.А., Капитанов В.А., Левицкий И.А., Шибалов С.Н. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Тепломассоперенос. Топливо и огнеупоры. Тепловая работа печей. Лабораторный практикум - Москва: МИСиС, 2007.- 136 с.
18. Луканин В.Н., Шатров М.Г. и др. Теплотехника: Учебник Высшая школа. 2009, 671 с.
19. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М.: Наука, 1978. 592 с.
20. В.М. Пасконов, В.И. Полежаев, Л.А. Чудов. Численное моделирование процессов тепло- массообмена. - М.: Наука. 1984. - 288 с.
21. 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.
22. Данилов, Н.Н. Математическое моделирование: учебное пособие: учебное пособие. —Кемерово : Издательство КемГУ (Кемеровский государственный университет), 2014. — 98 с.
23. Горлач, Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. СПб.: Лань, 2016. — 292 с.
24. Владимиров В.С. Уравнения математической физики.\М.: Наука, 2003, 500 с.
25. Тихонов А.Н. Самарский А.В. Уравнения математической физики.\М.: Наука, 1977, 735 с.

дополнительная литература:

1. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.И. Математическая теория горения и взрыва. - М., «Наука», 1980, 478с.
2. Зельдович Я.Б. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика. - М., "Наука", 1984, 374 с.
3. Худяев С.И. Пороговые явления в нелинейных уравнениях. – М.: «Физматлит», 2003, 272 с.
4. Коробейничев О.П. Химическая физика горения. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-а, 2003, 163 с.
5. Штиллер В. Уравнение Аррениуса и неравновесная кинетика. – М.: "Мир", 2000, 176 с.
6. Теория горения и взрыва. / Под ред. Фролова Ю.В. - М., "Наука", 1981, 412 с.
7. Теория горения порохов и взрывчатых веществ. / Под ред. Лейпунского О.И., Фролова Ю.В. - М., «Наука», 1982, 336 с
8. Зельдович Я.Б. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика. - М., "Наука", 1984, 374 с.

9. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Часть 1. М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 464 с.
10. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Часть 2. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 360 с.
11. Барилевич В.А. Основы термогазодинамики двухфазных потоков и их численное решение. 2-е изд. М. Энергоиздат, 1981. — 472 с.
12. Лабунцов Д.А, Ягов В.В. Механика двухфазных систем: Учебное пособие для вузов — М.: Издательство МЭИ, 2000. — 374 с.: ил.
13. У.Г. Пирумов, Г.С. Росляков. Численные методы газовой динамики. – М.: Высшая школа, 1987.
14. А.А. Самарский. Введение в теорию разностных схем. – М.: Наука, 1971.
15. Рождественский Б.Л, Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике М. Наука, 1978 668с.
16. Л.Л. Миньков, Э.Р. Шрагер Компьютерное моделирование нестационарных газодинамических процессов. Томск, Электронное учебное пособие. 2009г.
17. Годунов С.К. Уравнения математической физики \ М.: Наука, 1974, 416 с.
18. Курант Р. Гильберт Д. Уравнения математической физики \ М.: ОГИЗ, 1945, 620 с.
19. Шварц Л. Математические методы для физических наук \ М.: Мир, 1965, 412 с.
20. Рихтмайер Р. Принципы современной математической физики. \ М.: Мир, 1982, 486с.
21. Курант Р. Фридрихс К. Сверхзвуковые течения и ударные волны. \ М.: Изд. Ин-лит., 1958, 560 с.
22. Юдаев Б.Н. Теплопередача. М.: Высшая школа. - 1981.-319 с.
23. Петухов Б.С. Вопросы теплообмена. М.: Наука.-1987.-280 с.
24. Лыков А.В. Теория теплопроводности. - М.: Высшая школа.-1967.-600с.
25. Кутателадзе С.С., Накоряков Е.Н. Теплообмен и волны в газожидкостных системах. Новосибирск: Наука. - 1984. - 302 с.

#### **14. 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/>

#### **15. Материально-техническая база проведения практики**

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.

Лаборатории ТГУ, оснащенные современным лабораторным оборудованием.

Материально-техническая база профильной организации, включая перечень помещений, предоставленных профильной организацией в соответствии с приложением 2 к договору о практической подготовке обучающихся.

#### **16. Информация о разработчиках**

Крайнов Алексей Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра математической физики физико-технического факультета, заведующий кафедрой;

Шваб Александр Вениаминович, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра прикладной аэромеханики физико-технического факультета, профессор.