

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

**Термодинамика**

по направлению подготовки / специальности

**24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:  
**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-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований;

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить аппарат термодинамики.

– Научиться применять понятийный аппарат термодинамики для решения практических задач профессиональной деятельности.

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

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Пятый семестр, экзамен

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

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Физика».

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

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

-лекции: 28 ч.

-практические занятия: 30 ч.

в том числе практическая подготовка: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Термодинамика как наука. Метод и предмет термодинамики. Классификация термодинамических параметров. Два постулата термодинамики. Эмпирическая температура.

Тема 2. Термические и калорическое уравнения состояния. Дифференциальная форма термического уравнения состояния простой системы. Термические коэффициенты. Понятие внутренней энергии.

Тема 3. Уравнения состояния идеального газа. Уравнения состояния реальных газов. Критическое состояние вещества. Вириальная форма термического уравнения состояния простой системы, приведенная форма.

Тема 4. Равновесные, обратимые и необратимые процессы. Понятие теплоты и работы. Первый закон термодинамики. Теплоемкости и другие калорические коэффициенты. Связь термических и калорических коэффициентов.

Тема 5. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Работа в термодинамических процессах.

Тема 6. Недостатки первого закона термодинамики. Формулировка второго закона термодинамики. Принцип адиабатической недостижимости и второе начало для равновесных процессов.

Тема 7. Термодинамическая температура. Третье начало термодинамики и вычисление энтропии равновесных процессов.

Тема 8. Циклы. КПД Тепловых двигателей. Цикл Карно. Классификация тепловых двигателей внутреннего сгорания и их циклы.

Тема 9. Второе начало для неравновесных процессов. Основное уравнение и неравенство термодинамики. Парадоксы, связанные со вторым началом термодинамики.

Тема 10. Статистический смысл энтропии. Формула Больцмана. Энтропия и информация.

Тема 11. Характеристические функции. Химический потенциал как характеристическая функция в системах с переменным числом частиц. Термодинамические потенциалы. Термодинамическое равновесие, его устойчивость.

Тема 12. Основы термохимии. Тепловой эффект химической реакции, термохимические уравнения. Закон Гесса. Следствия закона Гесса.

Тема 13. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры и давления. Уравнение Кирхгофа. Направленность химических реакций. Изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциалы.

Тема 14. Равновесие в химически реагирующей среде. Закон действующих масс. Работа химической реакции (химическое сродство). Принцип Ле-Шателье.

Тема 15. Многофазные системы. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Фазовые диаграммы.

Тема 16. Термодинамика потока. Течение в соплах.

Тема 17. Расчёт термодинамических и теплофизических свойств продуктов сгорания.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения домашних заданий 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 пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. 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=22338>

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:

- Базаров И.П. Термодинамика. – СПб.: Лань, 2010. – 377 с.
- Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1: Теория равновесных систем: Термодинамика. – Изд. 2, суц. перераб. и доп. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
- Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Изд. дом МЭИ, 2016. – 495 с.
- Румер Ю.Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во Носиб. ун-та, 2000. – 608 с.
- Болгарский А.В., Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. – Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1975 г. – 495 с.
- Ревягин Л.Н. Сборник задач по термодинамике. – Изд-во Томского гос. ун-та, 2007 г. – 106 с.
- Логинова А.Ю. Основы химической термодинамики. Изд-во МГТУ им. Баумана, 2012. – 88 с.
- Исаев С.И. Курс химической термодинамики. М.: Машиностроение, 1975 г. – 256 с.

б) дополнительная литература:

- Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики. Справочник. Москва, 2016.
- Макаров М.С., Наумкин В.С. Термодинамика и теплопередача: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. – 183 с.
- Охотин В.С., Александров А.А. Таблицы термодинамических свойств хладагентов. М: Издательский дом МЭИ, 2006. – 32 с.
- Базаров И.П. Заблуждения и ошибки в термодинамике. – Изд. 2-е испр. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 120 с.
- Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики. Изд. 2-е. 1978. – 392 с.
- Полторак О.М. Термодинамика в физической химии. – М.: Высш. школа, 1991.
- Ноздрев В.Ф. Курс термодинамики. М.: Просвещение, 1967 г. – 247 с.
- Путилов К.А. Термодинамика / Отв. ред. М.Х. Карапетьянц. М.: Наука, 1991. – 376 с.
- Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. М.: Наука, 1983. – 416 с.

- Голдаев С.В., Загромов Ю.А. Основы технической термодинамики. Изд-во Томского политехн. ун-та, 2009 г. – 224 с.
- Кубо Р. Термодинамика. М.: Мир, 1970. – 304 с.
- Леенсон И.А. Химические реакции: Тепловой эффект, равновесие, скорость. М., Астрель, 2002.

в) ресурсы сети Интернет:

– <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>

– электронный вариант учебника «Сборник задач по термодинамике»

[https://moodle.tsu.ru/pluginfile.php/1200873/mod\\_resource/content/1/РевягинЗадачник.pdf](https://moodle.tsu.ru/pluginfile.php/1200873/mod_resource/content/1/РевягинЗадачник.pdf)

[pdf](#)

– 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.).

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

Пономарева Мария Андреевна, к.ф.-м.н., доцент, Национальный Исследовательский Томский государственный университет, доцент кафедры прикладной газовой динамики и горения физико-технического факультета