

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Термодинамика»

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль Техника и физика низких температур

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2019

Автор программы

/ К.Г. Королев /

Заведующий кафедрой
физики твердого тела

/ Ю.Е. Калинин /

Руководитель ОПОП

/ О.В. Калядин /

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование знаний физических основ термодинамики, ее исходных положений, основных законов, систематики, аксиоматики, математического аппарата термодинамики, а также приобретение умений применения термодинамического подхода для анализа различных физико-химических процессов, описания поведения термодинамических систем при фазовых и химических превращениях, определения термодинамических свойств веществ

1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование знаний законов и расчетных соотношений термодинамики;

Формирование знаний назначения, составов и свойства рабочих тел тепловых двигателей и холодильных машин;

Формирование знаний основ определения термодинамических и теплофизических свойств газов, жидкостей и твердых тел;

Формирование умений рассчитывать и анализировать термодинамические процессы в энерготехнологическом оборудовании;

Формирование умений определять термодинамические и теплофизические свойства газов, жидкостей и твердых тел;

Формирование навыков использования методик составления энергетических и тепловых балансов энерготехнологических процессов;

Формирование навыков использования методом расчета тепловых режимов систем и оборудования

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Термодинамика» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Термодинамика» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

	Уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
	Владеть способностью использовать базовые знания
	естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Термодинамика» составляет 3 з.е. Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	108 3	108 3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия термодинамики	Предмет термодинамики. Термодинамическая система. Термодинамические процессы. Внутренняя энергия системы. Формы обмена энергией.	8	4	18	30

2	Основные законы классической термодинамики (термостатики)	Первое начало термодинамики. Работа различных по природе сил. Работа перемещения в пространстве. Механическая деформационная работа, сопровождающая изменением объема тела (систем). Работа электростатического поля. Работа магнитного поля. Работа химических и поверхностных сил. Обобщенное выражение работы. Аналитическое выражение теплоты. Второе начало термостатики. Объединенное уравнение первого и второго начал термодинамики. Уравнения состояния системы. Условия устойчивости системы. Особенности неравновесных взаимодействий. Обобщенное уравнение термодинамики. Термодинамическая шкала температур. Выработка метода построения шкалы температур.	28	14	36	78
Итого			36	18	54	108

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе: «аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

Уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
Владеть способностью использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	знать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	Владеть способностью использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
--	---	--	---	------------------

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

- 1) Как называется состояние термодинамической системы, в котором отсутствуют всякие потоки (энергии, вещества, импульса и т.д.), а макроскопические параметры системы являются установившимися и не изменяются во времени?
 - i) равновесное состояние
 - ii) неравновесное состояние
 - iii) термодинамическое состояние
 - iv) динамическое состояние
- 2) Что представляет собой сумма кинетической энергии движения всех тел, входящих в систему, потенциальной энергии взаимодействия их между собой и с внешними телами и энергии, содержащейся внутри тел системы?
 - i) полную энергию термодинамической системы
 - ii) внутреннюю энергию термодинамической системы
 - iii) внутримолекулярную энергию термодинамической системы
 - iv) внутриядерную энергию термодинамической системы
- 3) Основная реперная точка термодинамической шкалы температур является:
 - i) тройная точка воды (273,16 К при давлении 609 Па)
 - ii) точка таяния льда (273,16 К при давлении 101,3 кПа)
 - iii) точка кипения воды (373,16 К при давлении 101,3 кПа)
 - iv) точка таяния льда (273,16 К при давлении 101,3 кПа)
- 4) Работа A , совершенная адиабатически изолированной системой при переходе из первого состояния с внутренней энергией U_1 во второе состояние с внутренней энергией U_2 , равна:
 - i) $U_1 - U_2$
 - ii) $U_1 + U_2$
 - iii) $A - U_1$
 - iv) $A - U_2$
- 5) Количество теплоты (Q), подводимое к системе, идет на изменение ее внутренней энергии (ΔU) и на совершение этой системой работы (A) над внешними телами:
 - i) первое начало термодинамики
 - ii) второе начало термодинамики
 - iii) третье начало термодинамики
 - iv) четвертое начало термодинамики
- 6) $Q = \Delta U + A$:
 - i) первое начало термодинамики
 - ii) второе начало термодинамики
 - iii) третье начало термодинамики
 - iv) четвертое начало термодинамики

- 7) $F(P, V, T) = 0$:
- уравнение состояния газа в общем виде
 - уравнение Клайперона-Менделеева
 - уравнение Бойля-Мариотта
 - уравнение Гей-Люссака
- 8) $P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$
- уравнение Клайперона-Менделеева
 - уравнение состояния газа в общем виде
 - закон Бойля-Мариотта
 - закон Гей-Люссака
 - закон Шарля
- 9) Универсальная газовая постоянная:
- 8,31 Дж/(моль*К)
 - 1,66E-27 кг
 - 6,022E23 л/моль
 - 1,38E-23 Дж/К
- 10) Атомная единица массы:
- 8,31 Дж/(моль*К)
 - 1,66E-27 кг
 - 6,022E23 л/моль
 - 1,38E-23 Дж/К

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

- Сколько степеней свободы имеет молекула одноатомного газа?
- Сколько степеней свободы имеет молекула двухатомного газа?
- Сколько степеней свободы имеет молекула трехатомного газа?
- Кинетическая энергия одной молекулы одноатомного газа:
 - $1,5 \cdot k \cdot T$
 - $2,5 \cdot k \cdot T$
 - $3 \cdot k \cdot T$
 - $0,5 \cdot k \cdot T$
- Кинетическая энергия одной молекулы двухатомного газа:
 - $1,5 \cdot k \cdot T$
 - $2,5 \cdot k \cdot T$
 - $3 \cdot k \cdot T$
 - $0,5 \cdot k \cdot T$
- Кинетическая энергия одной молекулы трехатомного газа:
 - $1,5 \cdot k \cdot T$
 - $2,5 \cdot k \cdot T$
 - $3 \cdot k \cdot T$
 - $0,5 \cdot k \cdot T$
- Молярная теплоемкость одноатомного газа при постоянном объеме:
 - $1,5 \cdot R$
 - $2,5 \cdot R$
 - $3 \cdot R$
 - $0,5 \cdot R$
- Молярная теплоемкость двухатомного газа при постоянном объеме:
 - $1,5 \cdot R$
 - $2,5 \cdot R$
 - $3 \cdot R$
 - $0,5 \cdot R$
- Молярная теплоемкость трехатомного газа при постоянном объеме:
 - $1,5 \cdot R$
 - $2,5 \cdot R$

- iii) $3 \cdot R$
 - iv) $0,5 \cdot R$
- 10) Молярная теплоемкость одноатомного газа при постоянном давлении:
- i) $2,5 \cdot R$
 - ii) $3,5 \cdot R$
 - iii) $4 \cdot R$
 - iv) $2 \cdot R$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- 1) Молярная теплоемкость двухатомного газа при постоянном давлении:
- i) $2,5 \cdot R$
 - ii) $3,5 \cdot R$
 - iii) $4 \cdot R$
 - iv) $2 \cdot R$
- 2) Молярная теплоемкость трехатомного газа при постоянном давлении:
- i) $2,5 \cdot R$
 - ii) $3,5 \cdot R$
 - iii) $4 \cdot R$
 - iv) $2 \cdot R$
- 3) Показатель адиабаты одноатомного газа:
- i) $5/3$
 - ii) $7/5$
 - iii) $8/3$
 - iv) $1,0$
- 4) Показатель адиабаты двухатомного газа:
- i) $5/3$
 - ii) $7/5$
 - iii) $8/3$
 - iv) $2,0$
- 5) Показатель адиабаты трехатомного газа:
- i) $5/3$
 - ii) $7/5$
 - iii) $8/3$
 - iv) $3,0$
- 6) Чему равен показатель политропы в изотермическом процессе?
- 7) Чему равен показатель политропы в изобарном процессе?

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Предмет термодинамики. Термодинамическая система. Термодинамические процессы. Внутренняя энергия системы. Формы обмена энергией.

Первое начало термодинамики. Работа различных по природе сил. Работа перемещения в пространстве. Механическая деформационная работа, сопровождающая изменением объема тела (систем). Работа электростатического поля. Работа магнитного поля. Работа химических и поверхностных сил. Обобщенное выражение работы. Аналитическое выражение теплоты. Второе начало термодинамики. Объединенное уравнение первого и второго начал термодинамики. Уравнения состояния системы. Условия устойчивости системы. Особенности неравновесных взаимодействий. Обобщенное уравнение термодинамики. Термодинамическая шкала температур. Выработка метода построения шкалы температур.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия термодинамики	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Основные законы классической термодинамики (термостатики)	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач

на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Глаголев, Константин Владимирович. *Физическая термодинамика [Текст] : учебное пособие*. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 269 с. - (Физика в техническом ун-те). - Библиогр.: с. 261. - ISBN 5-7038-2208-4 : 154-00.

2. Быков, Н.А. *Термодинамика*. - М. ; Л. : Гос. изд-во, 1928. - 408 с. : ил. (Пособия для высшей школы).

3. Копачев, В. Ф. *Термодинамика, теплопередача и гидравлика : учебник / В. Ф. Копачев*. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 251 с. — ISBN 978-5-4497-0977-6. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://ipr-smart.ru/104892.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/104892>

4. Крайнов, А. В. *Термодинамика : учебное пособие для СПО / А. В. Крайнов, Е. Н. Паиков ; под редакцией Г. В. Кузнецова*. — Саратов : Профобразование, 2021. — 159 с. — ISBN 978-5-4488-0937-8. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://ipr-smart.ru/99942.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/99942>

5. *Статистическая физика. Часть 1. Термодинамика : учебно-методическое пособие / составители Е. Е. Горбенко [и др.]*. — Луганск : Кнута, 2021. — 84 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://ipr-smart.ru/111212.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/111212>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- 1) <https://elibrary.ru>
- 2) <https://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой, персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Термодинамика» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета термодинамических систем. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.