Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 13:48:58
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ / А.С. Соколов /

« 27 » февраля 2025 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Термодинамика

Направление подготовки

**16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения**

Профиль

**Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения**

Квалификация

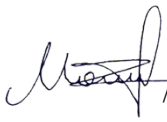
**Бакалавр**

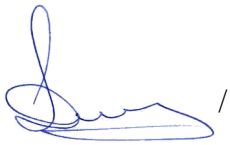
Форма обучения

**Очная**

Москва, 2025 г.

**Разработчик(и):**

ассистент каф. «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы  /А.А. Мошин/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Техника низких температур»,
к.т.н.  / Д.А. Некрасов /

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Термодинамика» следует отнести:

– подготовка студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению;

– освоение основных законов термодинамики, особенностей и областей их применения, формирования знаний и умений, необходимых для самостоятельного, обоснованного и аргументированного выбора методов решения прикладных задач.

К основным задачам освоения дисциплины «Термодинамика» следует отнести:

– ознакомление с принципом работы основных теплотехнических устройств.

Обучение по дисциплине «Термодинамика» направлено на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1. Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | ИОПК-1.1. Знает основы математики и физики<br>ИОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика» входит в обязательную часть Блока 1 основной образовательной программы бакалавриата по направлению 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Термодинамика» составляет 3 зачетных(е) единиц(ы) (108 часов).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

Дисциплина «Термодинамика»

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 3 | |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **54** | 54 | |
| | В том числе: | | | |
| 1.1 | Лекции | 36 | 36 | |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 18 | 18 | |
| 1.3 | Лабораторные занятия | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **2** | **Самостоятельная работа** | **54** | 54 | |
| | В том числе: | | | |
| 2.1 | Тестирование | **8** | 8 | |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | **экзамен** | экзамен | |
| | **Итого** | **108** | 108 | |

### 3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | | Самостоятельная работа |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| 1.1 | Тема 1. Предмет и метод термодинамики | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| 1.2 | Тема 2. Термодинамические процессы идеальных газов | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| 1.3 | Тема 3. II закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| 1.4 | Тема 4. Круговые процессы или циклы. Прямые и обратные циклы | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| 1.5 | Тема 5. Циклы реальных тепловых двигателей: Отто, Дизеля и Тринклер | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| 1.6 | Тема 6. Диаграммы водяного пара и анализ основных термодинамических процессов | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| 1.7 | Тема 7. Циклы паротурбинных установок | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| 1.8 | Тема 8. Термодинамика потока | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| 1.9 | Тема 9. Теоретическая и реальная индикаторные диаграммы компрессора | 12 | 4 | 2 | | | 6 |
| | **Итого** | **108** | **36** | **18** | | | **54** |

### 3.3 Содержание дисциплины

**Тема 1. Предмет и метод термодинамики**

Лекция 1. Предмет и метод термодинамики. Основные термодинамические функции. 1 закон термодинамики и его частные случаи.

Лекция 2. Параметры идеального газа. Термические и калорические параметры. Уравнение состояния идеального газа.

**Тема 2. Термодинамические процессы идеальных газов**

Лекция 3. Термодинамические процессы идеальных газов. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы.

Лекция 4. Политропный процесс как наиболее общий, его частные случаи. Рабочая и тепловая диаграммы, изображение процессов.

**Тема 3. II закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов**

Лекция 5. II закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

Лекция 6. Математическое выражение II закона (принцип существования и возрастания энтропии). Формулировки второго закона.

**Тема 4. Круговые процессы или циклы. Прямые и обратные циклы**

Лекция 7. Круговые процессы или циклы. Прямые и обратные циклы. Оценка эффективности циклов тепловых двигателей и холодильных установок.

Лекция 8. Цикл Карно как эталонный с точки зрения термического КПД, его достоинства и недостатки.

**Тема 5. Циклы реальных тепловых двигате-лей: Отто, Дизеля и Тринклер**

Лекция 9. Циклы реальных тепловых двигателей: Отто, Дизеля и Тринклер Циклы газотурбинных установок. (часть 1)

Лекция 10. Циклы реальных тепловых двигателей: Отто, Дизеля и Тринклер Циклы газотурбинных установок. (часть 2)

**Тема 6. Диаграммы водяного пара и анализ основных термодинамических процессов**

Лекция 11. Водяной пар и его характеристики. Анализ трех стадий получения перегретого пара.

Лекция 12. Диаграммы водяного пара и анализ основных термодинамических процессов.

**Тема 7. Циклы паротурбинных установок**

Лекция 13. Циклы паротурбинных установок.

Лекция 14. Паровой цикл Карно, его достоинства и недостатки. Цикл Ренкина.

**Тема 8. Термодинамика потока**

Лекция 15. Термодинамика потока. Уравнение энергии для потока. Работа против сил трения. Исследование адиабатных течений. Энтальпия и температура торможения. Изменение параметров потока при разгоне и торможении.

Лекция 16. Расчет скорости течения и расхода. Механизм переноса энергии в потоке. Скорость звука. Критические условия. Кинематическое исследование течения в каналах. До- и сверхзвуковое течение. Сопло Лаваля. Дросселирование. Инверсия. Кривая инверсии.

**Тема 9. Теоретическая и реальная индикаторные диаграммы компрессора**

Лекция 17. Компрессор. Одноступенчатый поршневой компрессор.

Лекция 18. Теоретическая и реальная индикаторные диаграммы компрессора. Многоступенчатый компрессор.

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

**Тема 1. Основные параметры состояния рабочего тела**

Семинар 1. Основные параметры состояния рабочего тела. Определение основных параметров состояния рабочего тела

**Тема 2. Законы идеальных газов**

Семинар 2. Законы идеальных газов. Решение задач по применению законов идеального газа

**Тема 3. Теплоемкость газов и их смесей**

Семинар 3. Теплоемкость газов и их смесей. Определение теплоемкости газовых смесей

**Тема 4. Определение параметров водяного пара на p-v и T-s диаграммах**

Семинар 4. Определение параметров водяного пара на p-v и T-s диаграммах

**Тема 5. Расчет изменения параметров рабочего тела в цикле Ренкина**

Семинар 6. Расчет изменения параметров рабочего тела в цикле Ренкина

**Тема 6. Расчет истечения газа из сосуда под давлением**

Семинар 6. Расчет истечения газа из сосуда под давлением

**Тема 7. Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе**

Семинар 8. Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе

**Тема 8. Определение коэффициента теплопроводности многослойной стенки**

Семинар 8. Определение коэффициента теплопроводности многослойной стенки (часть 1)

**Тема 9. Определение коэффициента теплопроводности многослойной стенки**

Семинар 9. Определение коэффициента теплопроводности многослойной стенки (часть 2)

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 25380-2014 «Термодинамика, прочие аспекты»

### 4.2 Основная литература


1. Морозов, В. В. Техническая термодинамика : учебное пособие / В. В. Морозов, Н. М. Максимов. — Великие Луки : Великолукская ГСХА, 2022. — 172 с. — ISBN 978-5-8047-0063-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/261638 (дата обращения: 23.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Шахов, В. Г. Термодинамика и теплопередача : учебное пособие / В. Г. Шахов. — Самара : Самарский университет, 2022. — 164 с. — ISBN 978-5-7883-1722-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/336659 (дата обращения: 23.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.


### 4.3 Дополнительная литература


1. Дюкова, И. Н. Термодинамический цикл теплофикационной паросиловой установки : учебное пособие / И. Н. Дюкова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2018. — 80 с. — ISBN 978-5-9239-1040-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111125 (дата обращения: 23.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.


### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. ЭОР «Техническая термодинамика»

URL: https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=8115

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

## 5. Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где предусмотрена демонстрация фильмов, слайдов или использование раздаточных материалов. Аудитории АВ2214 и АВ2209.

## 6. Методические рекомендации

### 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «Термодинамика» необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.
Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

## 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, лабораторных занятиям и выполнение практических работ и лабораторных работ.
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала
- написание и защита реферата по предложенной теме

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

# 7. Фонд оценочных средств

## 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Термодинамика»

| Вид работы | Форма отчетности и текущего контроля |
|---|---|
| Тестирование | Оценка преподавателя «зачтено», если результат тестирования по шкале (приложение Б) составляет более 41%. |

## 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

### 7.2.1 Шкала оценивания тестирования

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

| Оценка | Количество правильных ответов |
|---|---|
| отлично | От 81% до 100 % |

| | |
|---|---|
| хорошо | От 61% до 80% |
| удовлетворительно | От 41% до 60% |
| неудовлетворительно | 40% и менее правильных ответов |

## 7.3 Оценочные средства

### 7.3.1 Текущий контроль

#### 7.3.1.1 Пример тестовых заданий:

1. Из приведенных выражений выберите для изохорного процесса уравнение этого процесса, выражение I закона термодинамики и выражение для работы по расширению газа.

a) V/T=const;

b) p/T=const;

c) pV?=const;

d) pV=(m/?)RT;

e) Q=pΔV+ΔU;

f) Q=ΔU;

g) Q=A;

h) Q=0;

i) A=pΔV;

j) A=0;

k) A=Q;

l) A=-ΔU.

2. Тепловой двигатель за один цикл получает от нагревателя 100 кДж теплоты и отдает холодильнику 60 кДж. Чему равен КПД этого двигателя (%)?

a. 60

b. 67

c. 40

d. 25

3. Тепловой двигатель с КПД 50% за один цикл отдает холодильнику 56 кДж теплоты. Какая работа им (кДж) совершается за один цикл?

a. 40

b. 41

c. 28

d. 56

### 7.3.2 Промежуточная аттестация

#### 7.3.2.1 Вопросы к экзамену по модулю «Термодинамика»

1. Термодинамические параметры. Рабочее тело.
2. Термодинамическая система.
3. Уравнение состояния идеального газа.
4. . Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа.
5. Идеальный газ. Уравнения теплоемкости в интервале температур. Теплоемкость при постоянном давлении и при постоянном объеме. Уравнение Майера.
6. Энтальпия. Расчет изменения энтальпии.
7. Энтропия. Расчет изменения энтропии.
8. Графическое изображение работы и теплоты на. V-P и S-T диаграммах.
9. Термодинамические процессы идеального газа: изохорный, изобарный, изотермический: основные соотношения параметров. V-P и S-T диаграммы.
10. Адиабатный процесс: основные соотношения. V-P и S-T диаграммы.
11. Политропный процесс. Определение показателя политропы. Теплоемкость политропного процесса.
12. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение второго закона термодинамики для круговых процессов.
13. Круговые процессы или циклы.
14. Прямой обратимый цикл Карно. Термический к.п.д. цикла.
15. Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент.
16. Теорема Карно.
17. Цикл ДВС с подводом теплоты при V = const.
18. Цикл ДВС с подводом теплоты при P = const.
19. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
20. Нагнетание газов и паров. Поршневой компрессор.
21. Цикл газотурбинной установки.
22. Цикл воздушной компрессорной холодильной установки.
23. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы.
24. Свойства реальных газов.
25. Водяной пар. Парообразование при постоянном давлении.
26. P-V, S-T, I –S диаграммы водяного пара
27. Паровые процессы: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный.
28. Цикл Ренкина. P-V, S-T, I –S диаграммы.
29. Первый закон термодинамики для потока. Располагаемая работа и работа проталкивания.
30. Адиабатный процесс истечения. Определение скорости и массового расхода
31. Критическое отношение давлений. Критическая скорость
32. Сверхзвуковое точение. Выбор профиля сопла