Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 10.09.2026 17:06:49
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/

«26» февраля 2026 г

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## Прикладная термодинамика и кинетика в металлургии

**Направление подготовки**
**22.04.02 Металлургия**

**Профиль подготовки:**
**Инновации в металлургии**

**Квалификация (степень) выпускника**
**Магистр**

**Форма обучения**
**Заочная**

**Москва – 2026**

**Разработчик (и):**
Доцент кафедры «Металлургия»  Герцык С.И.

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Металлургия»  Шульгин А.В.

# Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....5
3. Структура и содержание дисциплины....6
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость....6
3.2. Тематический план изучения дисциплины....6
3.3. Содержание дисциплины....8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....9
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....9
4.1. Нормативные документы и ГОСТы....9
4.2. Основная литература....9
4.3. Дополнительная литература....10
4.4. Электронные образовательные ресурсы....10
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....10
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....11
5. Материально-техническое обеспечение....11
6. Методические рекомендации....11
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....11
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....12
7. Фонд оценочных средств....12
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения....12
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения....13
7.3. Оценочные средства....14

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

Цель – расширение научного кругозора в области технических наук и формирование комплекса знаний, умений и навыков в области технической термодинамики и кинетики.

Задачи:

– ознакомление студентов с фундаментальными законами, лежащими в основе исследования процессов и циклов превращения тепла в механическую работу и наоборот;

– формирование знаний физической картины истечения газов и паров, изучение описывающих эти процессы математических зависимостей. В области металлургического производства курс охватывает круг вопросов, связанных с работой двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров и холодильных установок;

– освоение методик расчета оборудования с целью оптимизации его работы;

– подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по данному направлению.

Планируемые результаты обучения – освоение основных закономерностей процессов преобразования теплоты в работу, методов и способов оптимизации тепловой работы двигателей внутреннего сгорания, газо- и паротурбинных установок.

Обучение по дисциплине «Прикладная термодинамика и кинетика в металлургии» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| **Код и наименование компетенций** | **Индикаторы достижения компетенции** |
|---|---|
| ОПК-2. Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии. | ИОПК-2.1. Знает и применяет передовые методы и технологии проектирования или использовать творческий подход для разработки новых и оригинальных методов проектирования и разработки<br>ИОПК-2.2. Умеет разрабатывать и оформлять научно-техническую и проектную документацию, составлять служебную документацию, обзоры, публикации, рецензии, выполнять требования нормоконтроля при оформлении научно-технических отчетов.<br>ИОПК-2.3. Владеет приведением в соответствие требованиям и нормам стандартов разработанную документацию, формированием и оформлением отчётов, с соблюдением требований ГОСТ |

| | |
|---|---|
| ОПК-4. Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и практической технической деятельности. | ИОПК-4.1. Знает основные правила поиска и отбора информации, методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и практической технической деятельности.<br>ИОПК-4.2. Умеет самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее.<br>ИОПК-4.3. Владеет правилами преобразования информации необходимыми для её хранения. |
| УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий. | ИУК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, осуществляет её декомпозицию и определяет связи между ее составляющими.<br>ИУК-1.2. Определяет противоречивость и пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, а также критически оценивает релевантность используемых информационных источников.<br>ИУК-1.3. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов с учетом оценки существующих рисков и возможностей их минимизации. |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

«Прикладная термодинамика и кинетика в металлургии» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Основные производства металлов и сплавов.
- Металлургическая теплотехника.
- Инновационные и ресурсосберегающие технологии в металлургии.
- Моделирование и оптимизация металлургических процессов.
- Современное оборудование в металлургии.
- Методология научных исследований.

# 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

## 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1.Заочная форма обучения

| п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестр |
|---|---|---|---|
| **1** | **Аудиторные занятия** | **18** | 3 |
| | В том числе: | | |
| 1.1 | Лекции | 6 | 3 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 12 | 3 |
| 1.3 | Лабораторные занятия | | – |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **198** | 3 |
| | **Промежуточная аттестация** | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | | Экзамен |
| | **Итого** | **216** | 3 |

## 3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1.Заочная форма обучения

| п/п | Разделы/темы Дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Всего** | **Аудиторная работа** | | | | **Самостоятельная работа** |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| **1** | **Тема 1. Основные понятия термодинамики и кинетики** | **34** | **2** | **2** | | | **30** |
| 1.1 | Раздел 1. Предмет и методы термодинамики. Термодинамические системы и величины. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы. Параметры состояния | | | | | | |
| 1.2 | Раздел 2. Идеальный газ, законы идеального газа. Уравнение состояния газов. Газовые смеси. Внутренняя | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | энергия. Теплоемкость. Закон Дальтона. | | | | | | |
| 1.3 | Первое начало термодинамики, его сущность. Закон сохранения и превращения энергии. Энтальпия. Приложение первого начала термодинамики к течению газов и жидкостей. Уравнение неразрывности. | | | | | | |
| **2** | **Тема 2. Второе начало термодинамики** | **88** | **2** | **6** | | | **80** |
| 2.1 | Раздел 1. Основные термодинамические процессы: изохорный, изотермический, изобарный, адиабатный, политропный | | | | | | |
| 2.2 | Раздел 2. Исследование политропных процессов. Прямой обратимый цикл Карно, обратный обратимый цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно. Цикл холодильной установки, холодильный коэффициент. | | | | | | |
| 2.3 | Раздел 3. Круговые процесс. Энтропия и ее изменение при обратимых и необратимых процессах. T-s диаграмма. Формулировка второго начала термодинамики | | | | | | |
| **3** | **Тема 3. Термодинамика открытых систем** | **94** | **2** | **4** | | | **88** |
| 3.1 | Раздел 1. Термодинамика открытых систем. Первый закон термодинамики для потока жидкости. Сжатие газа в компрессоре, одноступенчатые и многоступенчатые компрессоры | | | | | | |
| 3.2 | Раздел 2. Термодинамика газовых теплосиловых установок, циклы двигателей внутреннего сгорания: цикл Дизеля, Отто и Тринклера | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.3 | Раздел 3. Течение газов и паров. Температура торможения потока. Истечение газов из сопел, сопло Лаваля, критическая скорость истечения. Дросселирование газов и паров, эффект Джоуля – Томсона | | | | | | |
| | **Итого** | **216** | **6** | **12** | | | **198** |

## 3.3 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные понятия термодинамики и кинетики

Раздел 1**.** Предмет и построение курса, его основные разделы и связь с другими дисциплинами. Предмет и методы термодинамики. Термодинамические параметры**.** Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы.

Раздел 2. Понятие об **и**деальном и реальном газе, законы идеального газа: Бойля-Мариотта, Гей–Люссака, Шарля. Первое начало термодинамики, его сущность; закон сохранения и превращения энергии, энтальпия**.** Уравнение состояния газов. Газовые смеси. Внутренняя энергия. Теплоемкость. Закон Дальтона**.**

Раздел 3. Первое начало термодинамики, его сущность; аналитическое выражение, закона сохранения и превращения энергии, энтальпия, приложение первого начала термодинамики к течению газов и жидкостей, уравнение неразрывности

### Тема 2. Второе начало термодинамики

Раздел 1**.** Исследование основных термодинамических процессов: изохорный, изотермический, изобарный, адиабатный, политропный

Раздел 2. Исследование политропных процессов. Политропный процесс как обобщающий. Прямой обратимый цикл Карно, обратный обратимый цикл Карно, коэффициент полезного действия цикла Карно, цикл холодильной установки, холодильный коэффициент.

Раздел 3. Круговые процессы, энтропия и ее изменение при обратимых и необратимых процессах, T-s диаграмма, математическая формулировка второго начала термодинамики

### Тема 3. Термодинамика открытых систем

Раздел 1. Термодинамика открытых систем. Первый закон термодинамики для потока жидкости, сжатие газа в компрессоре, одноступенчатые и многоступенчатые компрессоры

Раздел 2. Термодинамика газовых теплосиловых установок, циклы двигателей внутреннего сгорания: цикл Дизеля, Отто и Тринклера. Основные расчетные формулы. Сравнение эффективности их работы.

Раздел 3. Течение газов и паров. Истечение газов из сопел, сопло Лаваля, критическая скорость истечения. Заторможенный поток. Температура торможения потока. Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля – Томсона.

### 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1.Семинарские/практические занятия

Практическое занятие по теме 1. Термодинамические параметры. Основные термодинамические процессы. Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля.

Практическое занятие по теме 2. Основные термодинамические процессы (продолжение):.адиабатный процесс, политропный процесс как обобщающий.

Практическое занятие 3. Расчет двигателей внутреннего сгорания. Одноступенчатые и многоступенчатые компрессоры.

3.4.2.Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Учебным планом не предусмотрены

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины не предусмотрены

### 4.2 Основная литература

1. И.И. Новиков, К.Д. Воскресенский. Прикладная термодинамика и теплопередача. М., Энергия, 1977. -352 с. URL: https://www.c-o-k.ru/library/document/12337 (дата обращения 09.09.2019). – Режим доступа: свободный.
2. В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шнейдлин. Техническая термодинамика. М., Изд. дом МЭИ, 2022, - 502 с.
3. В.Н. Белозерцев. Термодинамика: курс лекций/Белозерцев В.Н., Благин Е.В. Самарский гос. Аэрокосмический ун-т им. С.П. Королева (нац .исслед. ун-т). – Самара. Изд-во СГАУ, 2014.

4. В.Г. Злобин, С.В. Горбай, Т.Ю. Короткова. Техническая термодинамика. [Электронный ресурс]. http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/5.pdf,. СПб, 2016 - on-line.
5. Ф.М. Костерев, В.И. Кушнерев. Теоретические основы теплотехники. М., Энергия, 1978 – 360 с.

6. А.М. Ицкович Основы теплотехники. М., «Высшая школа», 1975 – 344 с.

### 4.3 Дополнительная литература

1. Андрианова Т.Н. Сборник задач по технической термодинамике. https://www.techgidravlika.ru/view_book.php?id=95

[Электронный ресурс] М., 1981 - on-line, (дата обращения 09.09.2019). – Режим доступа: свободный.

2. И.Н. Полина, С.Г. Ефимова. Техническая термодинамика. https://obuchalka.org/2015020582196/tehnicheakaya-termodinamika-elektronnii-resurs-uchebnoe-posobie-polina-i-n-efimova-s-g-2014.html [Электронный ресурс]: уч. пособие, 2014 (дата обращения 09.09.2019). – Режим доступа – свободный.

Ссылка на электронный источник учебников:
https://www.techgidravlika.ru/view_book_menu.php?book=10&page=1

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

Прикладная термодинамика и кинетика в металлургии
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=282

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

| № | Наименование | Разработчик ПО (правообладатель) | Доступность (лицензионное, свободно распространяемое) | Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Мой Офис | ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" | Лицензионное | https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375 |

### 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| № | Наименование | Ссылка на ресурс | Доступность |
|---|---|---|---|
| **Информационно-справочные системы** | | | |
| 1. | Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http:// www.consultant.ru | Доступно |
| **Электронно-библиотечные системы** | | | |
| 1. | Лань | https://e.lanbook.com/ | Доступна в сети Интернет без ограничений |
| 2. | IPR Books | https://www.iprbookshop.ru/ | Доступна в сети Интернет без ограничений |
| **Профессиональные базы данных** | | | |
| 1. | База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU) | http://www.elibrary.ru | Доступно |
| 2. | WebofScienceCoreCollection – политематическая реферативно-библиографическая инаукометрическая (библиометрическая) база данных | http://webofscience.com | Доступно |

## 5. Материально-техническое обеспечение

Аудитории кафедры «Металлургия» ав1204, ав1205, ав1206, ав1206а оснащены ноутбуками, проектором, экраном, учебным материалом.

## 6. Методические рекомендации

### 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При организации учебных занятий (лекций, семинаров, практических занятий, лабораторных, самостоятельных и выпускных работ, а также курсового проектирования) следует использовать элементы интерактивного обучения на всех этапах для вовлечения студентов в процесс познания. Для этого целесообразно использовать следующие формы:

– диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и студента;

– моделирование, то есть воспроизведение в условиях обучения по данной дисциплине процессов, происходящих в реальности;

– компьютеризация обучения для интенсификации и расширения возможностей образовательного процесса;

– использование средств наглядности: стенды с комплектом учебно-методической литературы, плакаты по темам, натурные образцы, мультимедийные системы, картотеку учебных видеослайдов и видеофильмов и др.

### 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для максимальной индивидуализации деятельности студента, учебным планом предусматривается время для самостоятельной работы.

Среди основных видов самостоятельной работы традиционно выделяют: творческую деятельность студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке к лекциям, семинарским и практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ; участие в научной работе и пр.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные вписке дополнительной литературы.

## 7. Фонд оценочных средств

### 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация (зачет).

## 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично»,«хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех предусмотренных форм текущего контроля.

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| «Отлично» | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| «Хорошо» | Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основных законов термодинамики, циклов ДВС, компрессоров, газо- и паротурбинных установок, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. |
| «Удовлетвори-тельно» | Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основных законов термодинамики, циклов ДВС, компрессоров, газо- и паротурбинных установок. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. |

| | |
|---|---|
| «Неудовлетво-рительно» | Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, или студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

## 7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций и следующие виды самостоятельной работы:

- чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным,практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям;
- бланковое и компьютерное тестирование;
- рефераты, доклады на СНК.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать также сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, такими как www.anticor.ru, http://www.naukaran.ru, http://www.maik.ru и другими, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессеосвоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

| **Код компетенции** | **В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать** |
|---|---|

| | |
|---|---|
| ОПК-2 | Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии |
| ОПК-4 | Способностью находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности |
| УК-1 | Способностью осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий |

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

**Контрольные вопросы для промежуточной аттестации**

1. Что такое рабочее тело?
2. Какими параметрами определяется тепловое состояние газа?
3. Напишите уравнение состояния идеального газа для 1 кмоля
4. Чем отличается реальный газ от идеального?
5. Как определить газовую постоянную имея универсальную газовую постоянную?
6. Как определить плотность газовой смеси, состав которой задан объемными долями?
7. Дайте определение теплоемкости. От каких параметров зависит теплоемкость реального и идеального газа?
8. Средняя и истинная теплоемкость, каково различие между ними?
9. Сущность первого начала термодинамики, написать его математическое выражение.
10. Чему равно изменение внутренней энергии в изохорном и изотермическом процессах?
11. Дайте определение энтальпии и укажите ее размерность.
12. Каковы показатели политропы основных термодинамических процессов?
13. Второе начало термодинамики и его математическое выражение.
14. Что представляет собой цикл Карно?
15. Чему равен КПД цикла Карно?
16. Основные циклы двигателей внутреннего сгорания – сходство и различия.
17. От каких параметров зависят КПД двигателей внутреннего сгорания?
18. По каким параметрам следует сравнивать эффективность работы ДВС?
19. Как работает поршневой компрессор?
20. Как повысит эффективность работы компрессора?
21. Что представляет собою сопло Лаваля и как оно используется?
22. Температура торможения потока, напишите формулу.