

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ФЭАТ  
Баранов

А.С.

## **Рабочая программа дисциплины**

Код и наименование дисциплины: Б1.О.23 «Термодинамика»

Код и наименование направления подготовки (специальности): 13.03.03  
Энергетическое машиностроение

Направленность (профиль, специализация): Двигатели внутреннего  
сгорания

Статус дисциплины: обязательная часть

Форма обучения: очная

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	доцент	А.Г. Кузьмин
Согласовал	Зав. кафедрой «ДВС»	А.Е. Свистула
	руководитель направленности (профиля) программы	А.Е. Свистула

г. Барнаул

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ОПК-4	Способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках	ОПК-4.1	Демонстрирует знания теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах и установках
		ОПК-4.2	Применяет в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Теоретическая механика, Физика, Химия
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Агрегаты наддува, Механика жидкости и газа, Основы научных исследований и испытаний двигателей, Основы теории горения, Теория рабочих процессов поршневых двигателей

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 5 / 180

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	32	16	16	116	76

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Форма обучения: очная

*Семестр: 4*

Лекционные занятия (32ч.)

1. Введение. Основные понятия и определения. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7,8] Техническая термодинамика как теоретическая основа рабочих процессов тепловых машин. Краткий исторический обзор развития практики и теории теплотехники. Термодинамическая система. Принципиальная схема энергетической установки. Термодинамическое состояние, термодинамический процесс, круговой термодинамический процесс. Основные параметры состояния термодинамической системы. Равновесное состояние, равновесный процесс. Энергия рабочего тела. Формы обмена энергией.
2. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7,8] Понятие идеального газа. Основные законы идеального газа: закон Бойля-Мариотта, закон Шарля, закон Гей-Люссака, закон Авогадро. Уравнение состояния идеального газа, универсальная газовая постоянная.
3. Смеси идеальных газов. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6] Понятие о газовой смеси. Закон Дальтона и состав газовой смеси. Плотность, удельный объем и средняя молярная масса смеси газов. Газовая постоянная смеси и парциальные давления газов.
4. Первый закон термодинамики. Работа термодинамической системы. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7,8] Внутренняя энергия. Энтальпия газа. Первый закон термодинамики. Индикаторная  $p$ - $v$  диаграмма. Работа деформации в закрытой термодинамической системе. Работа в открытой термодинамической системе с неподвижным центром тяжести. Работа проталкивания, техническая работа. Работа в потоке газа (в открытой термодинамической системе с движущимся центром тяжести).
5. Теплоемкость газов. Расчет количества теплоты. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7,8] Удельная теплоемкость: массовая, объемная, молярная. Истинная и средняя теплоемкость. Теплоемкость при постоянном давлении и постоянном объеме. Уравнение Майера. Расчет количества теплоты через теплоемкости. Теплоемкость газовой смеси. Выражение внутренней энергии и энтальпии через теплоемкости. Закон Джоуля.
6. Частные выражения первого закона термодинамики. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[6] Выражения первого закона термодинамики для открытой термодинамической системы с движущимся потоком газа; открытой термодинамической системы с неподвижным рабочим телом; закрытой термодинамической системы. Располагаемая работа.
7. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа (1). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7,8] Тепловая  $T$ - $s$  диаграмма идеальных газов. Энтропия. Методика исследования термодинамических процессов в энергетических машинах и установках. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс.
8. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа (2). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7,8] Адиабатный процесс.

Показатель адиабаты. Политропный процесс и его частные случаи. Способы определения показателя политропы.

9. Второй закон термодинамики (1). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7,8] Теоретические основы второго закона термодинамики. Круговые термодинамические процессы. Термодинамический КПД, холодильный и отопительный коэффициент. Цикл Карно. Прямой и обратный циклы Карно. Обобщенный (регенеративный) цикл Карно.

10. Второй закон термодинамики (2). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7,8] Максимальная работа и потеря полезной работы. Среднеинтегральная температура. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Интеграл Клаузиуса. Свойства обратимых и необратимых циклов. Принцип существования и возрастания энтропии. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. 0 неправильных обобщениях Клаузиуса в вопросе о возрастании энтропии.

11. Основные термодинамические процессы в газах и парах. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,7] Процесс парообразования. Влажный и сухой насыщенный пар. Перегретый пар. Степень сухости и степень влажности пара. Критическая и тройная точка. Определение параметров воды и пара. Теплота парообразования. T-s и h-s диаграммы водяного пара. Основные термодинамические процессы водяного пара.

12. Особенности термодинамики газового потока. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,7] Применение первого закона термодинамики для потока. Истечение из суживающегося сопла. Скорость истечения, массовый расход газа. Критический перепад давлений и критическая скорость истечения. Сопло Лаваля. Дросселирование газов и паров.

13. Циклы поршневых компрессоров. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6] Принцип действия поршневого компрессора. Действительная и идеальная индикаторные диаграммы компрессора. Работа компрессора в случае изотермического, адиабатного и политропного сжатия. Многоступенчатые компрессоры.

14. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6] Назначение, классификация и принцип действия поршневых двигателей. Действительные и теоретические индикаторные диаграммы рабочего процесса. Допущения при построении идеальных циклов поршневых ДВС. Параметры, характеризующие цикл, среднее индикаторное давление и термический КПД. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Цикл Тринклера. Сравнительный анализ циклов.

15. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,7] Газотурбинные установки, общие сведения. Идеальный цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Идеальный цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме. Простейший регенеративный цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Степень регенерации.

16. Циклы паросиловых установок (ПСУ). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,7] Паросиловые установки, общие сведения, принцип

действия. Цикл Карно с влажным паром в качестве рабочего тела. Цикл Ренкина. Цикл Ренкина с перегревом пара. Способы повышения термодинамического КПД паросиловой установки. Цикл паросиловой установки с промежуточным (вторичным) перегревом пара. Регенеративный цикл Ренкина с перегревом пара. Теплофикационный цикл.

#### **Практические занятия (16ч.)**

- 1. Параметры состояния рабочего тела. {работа в малых группах} (2ч.)[1,6,9] Изучение теории и решение задач по теме занятия.**
- 2. Идеальные газы и основные газовые законы. {работа в малых группах} (2ч.)[1,6,9] Изучение теории и решение задач по теме занятия.**
- 3. Смеси идеальных газов. {работа в малых группах} (2ч.)[1,6,9] Изучение теории и решение задач по теме занятия.**
- 4. Теплоемкость газов. {работа в малых группах} (2ч.)[1,6,9] Изучение теории и решение задач по теме занятия.**
- 5. Первый закон термодинамики. {работа в малых группах} (2ч.)[1,6,9] Изучение теории и решение задач по теме занятия.**
- 6. Основные газовые процессы. Изохорный и изобарный процессы. {работа в малых группах} (2ч.)[1,2,6,9] Изучение теории и решение задач по теме занятия.**
- 7. Основные газовые процессы. Изотермический и адиабатный процессы. {работа в малых группах} (2ч.)[1,2,6,9] Изучение теории и решение задач по теме занятия.**
- 8. Круговые процессы. Анализ циклов. {работа в малых группах} (2ч.)[1,2,6,9] Изучение теории и решение задач по теме занятия.**

#### **Лабораторные работы (16ч.)**

- 1. Градуировка термоэлектрических термометров и термометров сопротивления. {работа в малых группах} (4ч.)[3] Изучить теорию, ознакомиться с экспериментальной установкой и порядком проведения эксперимента. Снять показания датчиков и образцового ртутного термометра при нагревании в термостате. Результаты занести в протокол испытаний, построить графики. Сравнить результаты с теоретическими данными, сделать вывод и точности измерения температуры. Составить отчет о выполненной работе.**
- 2. Определение теплоемкости воздуха. {работа в малых группах} (4ч.)[4] Изучить теорию, ознакомиться с экспериментальной установкой и порядком проведения эксперимента. Определить величину средней массовой теплоемкости воздуха при постоянном давлении. Рассчитать среднюю массовую теплоемкость воздуха при постоянном объеме и показатель адиабаты. Сравнить значения полученных параметров с теоретическими данными. Составить отчет о выполненной работе.**
- 3. Исследование процессов во влажном воздухе. {работа в малых группах}**

(4ч.)[5] Изучить теорию, ознакомиться с экспериментальной установкой и порядком проведения эксперимента. Измерить температуры в потоке воздуха в калориметре и сушильной камере. Нанести результаты измерений на  $h-d$  диаграмму, определить параметры влажного воздуха. Рассчитать массовые теплоемкости воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме, показатель адиабаты. Составить отчет о выполненной работе.

4. Термодинамическое исследование одноступенчатого поршневого компрессора. {работа в малых группах} (4ч.)[6] Изучить принцип действия поршневого компрессора, ознакомиться с экспериментальной установкой и порядком проведения эксперимента. Снять индикаторную диаграмму компрессора. По индикаторной диаграмме определить параметры цикла и мощность, затрачиваемую на привод компрессора. Построить теоретическую индикаторную диаграмму. Составить отчет о выполненной работе.

#### Самостоятельная работа (116ч.)

1. Самостоятельная работа студентов в течении семестра. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (80ч.)[1,6,9] Самостоятельная работа студентов в течении семестра.

2. Самостоятельная работа студентов в период сессии. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (36ч.)[1,6,9] Самостоятельная работа студентов в период сессии.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронной информационно-образовательной среде АлтГТУ:

1. Троян Е.Н., Бахтина И.А, Николаев А.М. Теплотехника: Учебно-методическое пособие / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2015. – 154 с. Режим доступа: [http://elib.altstu.ru/eum/download/tgivv/Trojan\\_teplotechnic.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/tgivv/Trojan_teplotechnic.pdf)

2. Кузьмин А.Г., Дорофеева С.С. Расчет идеального цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с изохорно-изобарным подводом теплоты к рабочему телу: Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Термодинамика» для студентов направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания» /А.Г.Кузьмин, С.С. Дорофеева; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2022. – 17 с. Режим доступа: [http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kuzmin\\_RasIdZPDVS\\_mu.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kuzmin_RasIdZPDVS_mu.pdf)

3. Балашов А.А. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1 и 2 по дисциплине «Тепло-, массообмен в ДВС» для студентов

направления 141100 – «Энергетическое машиностроение» по профилю «Двигатели внутреннего сгорания»/ А.А.Балашов, С.В.Яковлев, А.Г. Кузьмин. Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. – 17 с. Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kuzmin-ltodvs2.pdf>

4. Николаев А.М., Бахтина И.А., Иванова Т.Ю. Определение теплоемкости воздуха: Практикум к лабораторной работе № 2 по технической термодинамике для всех форм обучения./ Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. – 15 с. Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/tgivv/uploads/bakhtina-i-a-tgivv-562746baec11e.pdf>

5. Николаев А.М., Бахтина И.А. Исследование процессов во влажном воздухе: Практикум к лабораторной работе № 3 по технической термодинамике для всех форм обучения./ Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. – 15 с. Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/tgivv/uploads/bakhtina-i-a-tgivv-56274460919d2.pdf>

## 6. Перечень учебной литературы

### 6.1. Основная литература

6. Балашов А.А. Техническая термодинамика закрытых систем тепловых машин : учебное пособие / А. А. Балашов, В. А. Сеницын, А. Г. Кузьмин, Е. А. Герман ; Алт. гос. техн. ун.-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ, 2021. – 175 с. Режим доступа: [http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Balashov\\_TehTerZSTM\\_up.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Balashov_TehTerZSTM_up.pdf)

### 6.2. Дополнительная литература

7. Шаров, Ю. И. Термодинамика и теплопередача : учебник / Ю. И. Шаров. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 311 с. – ISBN 978-5-7782-4024-7. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/98680.html>

8. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие / А. В. Делков, М. Г. Мелкозеров, Д. В. Черненко, Ю. Н. Шевченко. – Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2020. – 102 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/107226.html>

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

9. Основы теории тепловых процессов и машин : в 2 ч. [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Е. Александров [и др.]. – Электрон. дан.

– Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. – 563 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84115>. – Загл. с экрана.

## **8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

## **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

<b>№пп</b>	<b>Используемое программное обеспечение</b>
1	LibreOffice
2	Windows
3	Антивирус Kaspersky

<b>№пп</b>	<b>Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы</b>
1	Национальная электронная библиотека (НЭБ) – свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> )
2	Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор РФ) - требования к разрабатываемой продукции, условия эксплуатации ( <a href="http://gosnadzor.ru">gosnadzor.ru</a> )

## **10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями



здоровья».