

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и  
научной работе

Лейфа А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА»

Направление подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

Направленность (профиль) образовательной программы – Ракетно-космическая техника

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2022

Форма обучения – Очная

Курс 3 Семестр 5

Зачет 5 сем

Общая трудоемкость дисциплины 72.0 (академ. час), 2.00 (з.е)

Составитель Ю.В. Хондошко, старший преподаватель,

Энергетический факультет

Кафедра энергетики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 05.02.18 № 71

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

01.09.2022 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Соловьев В.В. Соловьев

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2022 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

Изучение законов термодинамики, ознакомление с основными термодинамическими свойствами рабочих тел и теплоносителей теплотехнических установок, методами расчета и анализа рабочих процессов и циклов теплотехнических установок, циклов воздушно-реактивных двигателей, циклов ракетных двигателей, основами теплообмена.

### Задачи дисциплины:

Обеспечение знаний студентов в области термодинамики, теплообмена, создание фундамента для усвоения профилирующих дисциплин; развитие навыков и умений творческого использования элементов термодинамического анализа при решении возникающих задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования для направления подготовки 24.03.01 – Ракетные комплексы и космонавтика направленность (профиль) образовательной программы «Ракетно-космическая техника» предусматривает изучение дисциплины «Термодинамика и теплопередача» в обязательной части учебного плана.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1. Универсальные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД-1УК-1Знать: - методики поиска, сбора и обработки информации; - актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; - метод системного анализа. ИД-2УК-1Уметь: - применять методики поиска, сбора и обработки информации; - осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; - применять системный подход для решения поставленных задач. ИД-3УК-1Владеть: - методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; - методикой системного подхода для решения поставленных задач.

## 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.00 зачетных единицы, 72.0 академических часов.

- 1 – № п/п  
 2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация  
 3 – Семестр  
 4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)  
 4.1 – Л (Лекции)  
 4.2 – Лекции в виде практической подготовки  
 4.3 – ПЗ (Практические занятия)  
 4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки  
 4.5 – ЛР (Лабораторные работы)  
 4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки  
 4.7 – ИКР (Иная контактная работа)  
 4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)  
 4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)  
 5 – Контроль (в академических часах)  
 6 – Самостоятельная работа (в академических часах)  
 7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Основные понятия и исходные положения	5	1										4.8	Входной контроль
2	Термодинамические системы	5	1										2	Контрольная работа
3	Теплоемкость газов	5	2				2						3	Контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Внутренняя энергия. Работа	5	1				2						3	Контрольная работа, защита лабораторных работ
5	Второй закон термодинамики	5	1				2						2	Контрольная работа, защита лабораторных работ
6	Процессы идеального газа	5	2										4	Контрольная работа
7	Циклы различных двигателей	5	2				2						4	Контрольная работа, защита лабораторных работ
8	Дросселирование газа	5	1				2						2	Контрольная работа, защита лабораторных работ
9	Основы теплопередачи	5	1										2	Контрольная работа
10	Теплопроводность	5	2				2						4	Контрольная

	сть												работа, защита лабораторных работ
11	Конвективный теплообмен	5	2				2					4	Контрольная работа, защита лабораторных работ
12	Критерии подобия	5	2				2					3	Контрольная работа, защита лабораторных работ
13	Зачет	5							0,2				
	Итого		18.0		0.0		16.0		0.0	0.0	0.0	37.8	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Основные понятия и исходные положения	Основные понятия и определения. Виды и формы энергии. Термодинамические системы (ТДС). Виды взаимодействия. Термодинамическое количество степеней свободы. Простые и сложные термодинамические системы. Замкнутые и изолированные ТДС. Равновесное состояние.
2	Термодинамические системы	Состояние термодинамической системы, параметры и функции состояния. Координаты термодинамического состояния и потенциалы взаимодействия. Свойства рабочего тела. Температура, давление, плотность, объем. Законы идеальных газов.
3	Теплоемкость газов	Теплоемкость удельная, объемная и молярная. Теплоемкость газовых смесей. Определение теплоемкости жидкости, газа.
4	Внутренняя энергия. Работа	Энергия, внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Работа. Свойства работы и теплоты, как формы обмена энергии. Первый закон термодинамики.
5	Второй закон термодинамики	Энтропия. Второй закон термодинамики. Дифференциальные уравнения термодинамики.
6	Процессы идеального газа	Основные процессы изменения идеального газа. Изопроецессы (изохорный, изобарный, изотермический). Адиабатический процесс. Политропный процесс.
7	Циклы различных двигателей	Круговые процессы или циклы. Цикл Карно. Циклы тепловых двигателей. Циклы воздушно-реактивных двигателей (прямоточный, пульсирующий, газотурбинный). Циклы ракетных двигателей.
8	Дросселирование газа	Особенности открытых систем. Скорость и расход.

		Общие условия перехода от дозвукового истечения к сверхзвуковому. Дросселирование газа. Течение с ударными волнами.
9	Основы теплопередачи	Основные понятия: тепловой поток, температурное поле, изотермическая поверхность, температурный градиент. Виды передачи тепла (теплопроводность, конвекция, излучение). Стационарный и нестационарный тепловые режимы.
10	Теплопроводность	Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия. Закон теплопроводности Фурье. Понятие о коэффициенте теплопроводности. Теплопроводность стенок различной формы.
11	Конвективный теплообмен	Конвективный теплообмен и методы его изучения. Естественная и вынужденная конвекция.
12	Критерии подобия	Основы теории подобия. Физический смысл критериев подобия. Моделирование процессов теплообмена. Общий вид критериальной зависимости. Теплоотдача при больших скоростях течения газа. Числа Пекле, Прандтля, Нуссельта. Температурный пограничный слой

## 5.2. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Исследование процесса истечения из суживающегося сопла	Опытным путем определить зависимость скорости и расхода газа через суживающееся сопло и коэффициента истечения через него от величины перепада давлений на входе и выходе из сопла, характеризуемой отношением давлений $p_2 / p_1$ .
Холодильные установки. Применение холодильных установок	Изучить устройство и принцип действия холодильной установки.
Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около вертикального цилиндра в атмосфере различных газов	Экспериментально определить локальный коэффициент теплоотдачи вдоль вертикальной поверхности, обобщить результаты в виде критериальных зависимостей с последующим сопоставлением с расчетным и формулами и оценить влияние различных газовых сред на характер течения в пограничном слое.
Определение параметров работы двигателей внутреннего сгорания	Определение основных параметров рабочего процесса и показателей работы двигателей внутреннего сгорания.
Определение числа Маха сверхзвукового потока аэродинамической трубы	Определить максимальную скорость потока воздуха, при которой воздух можно рассматривать как несжимаемую жидкость
Интенсификация работы теплообменного аппарата	Расчитать температурные профили потоков в теплообменном аппарате.
Исследование пограничного слоя на плоской пластине	Изучение расчетной методики по определению параметров пограничного слоя, получение

	необходимых навыков экспериментального исследования и обработки опытных данных.
Исследование теплоотдачи при вынужденной конвекции	Экспериментально определить значение коэффициента теплоотдачи при различных скоростях движения воздуха в трубе. Полученные в опытах данные представить в виде уравнения подобия.

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Основные понятия и исходные положения	Подготовка к контрольной работе	4.8
2	Термодинамические системы	Подготовка к контрольной работе	2
3	Теплоемкость газов	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контрольной работе.	3
4	Внутренняя энергия. Работа	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контрольной работе.	3
5	Второй закон термодинамики	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контрольной работе.	2
6	Процессы идеального газа	Подготовка к контрольной работе	4
7	Циклы различных двигателей	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контрольной работе.	4
8	Дросселирование газа	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контрольной работе.	2
9	Основы теплопередачи	Подготовка к контрольной работе	2
10	Теплопроводность	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контрольной работе.	4
11	Конвективный теплообмен	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контрольной работе.	4
12	Критерии подобия	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контрольной работе.	3

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Термодинамика и теплопередача» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются и компьютерные технологии, привлечение

мультимедийной техники и интерактивной доски, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: проблемные ситуации, компьютерные симуляции.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя: консультации и помощь при выполнении индивидуального задания, консультации по разъяснению материала, вынесенного на самостоятельную проработку, индивидуальную работу студента, в том числе в компьютерном классе ЭФ или в библиотеке.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, индивидуальные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств.

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и метод термодинамики.
2. Основные понятия и определения: термодинамическая система (открытая, закрытая; адиабатная; замкнутая), равновесное и неравновесное состояние т/ д системы, гомогенная, гетерогенная т/ д система; термодинамический процесс; окружающая среда, рабочее тело.
3. Замкнутые и изолированные термодинамические системы.
4. Свойства рабочего тела. Температура, давление, плотность, объем.
5. Идеальный газ, основные параметры состояния.
6. Законы идеальных газов.
7. Энергия, ее виды. Теплота и работа как способы передачи энергии.
8. Первый закон термодинамики для неподвижного газа. Энтальпия, ее свойства.
9. Смеси идеальных газов.
10. Термодинамические процессы идеальных газов (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный).
11. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.
12. Понятие цикла, прямой, обратный цикл.
13. Порядок исследования циклов тепловых двигателей.
14. Цикл Карно. Понятие термического КПД.
15. Основные закономерности соплового и диффузорного течений.
16. Дросселирование идеальных газов.
17. Циклы различных двигателей (ДВС, циклы воздушно- реактивных двигателей, циклы ракетных двигателей).
18. Основные понятия о работе холодильных установок. Обратный цикл Карно.
19. Циклы воздушно- реактивных двигателей (прямоточный, пульсирующий, газотурбинный).
20. Циклы ракетных двигателей.
21. Общие условия перехода от дозвукового истечения к сверхзвуковому.
22. Дросселирование газа.
23. Течение газа с ударными волнами.
24. Виды передачи тепла (теплопроводность, конвекция, излучение).
25. Основные понятия и определения теплопередачи (способы переноса тепла, тепловой поток).
26. Температурное поле. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности.

## **9. УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) литература

1. Кудинов, И. В. Теоретические основы теплотехники. Часть I. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. В. Кудинов, Е. В. Стефанюк. — Электрон.



текстовые данные. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 172 с. — 978-5-9585-0554-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22626.html>

2. Теоретические основы термодинамики и теплопередачи [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Ларионов, Ю. И. Кураков, В. С. Воищев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 200 с. — 978-5-7267-0836-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72761.html>

3. Сандаков, С. А. Термодинамика [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам / С. А. Сандаков, И. А. Пикулев. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2008. — 58 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21767.html>

#### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система MS Windows 7 Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
2	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
3	MS Office 2010 standard	лицензия Microsoft office 2010 Standard RUS OLP ML Academic 50, договор №492 от 28 июня 2012 года.
4	MS Office 2013/2016 PRO PLUS Academic	Сублицензионный договор № Tr000027462 от 10.12.2015.
5	ЭБС IPRbooks <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>	Электронно- библиотечная система IPRbooks — научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования
6	ЭБС ЮРАЙТ <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.

#### в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
2	<a href="http://fgosvo.ru/">http://fgosvo.ru/</a>	Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования
3	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>	Российское образование. Федеральный портал
4	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU -

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Занятия по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, лабораторных работ с лабораторным оборудованием, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам. Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду университета.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.01 – Ракетные комплексы и космонавтика.

В качестве материально- технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций.

На лабораторных занятиях и для выполнения самостоятельной работы студенты используют переносной компьютерный класс, оборудованный ноутбуками с программным обеспечением, указанным выше.