

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Самолетостроения и эксплуатации авиационной техники»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 28 апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА»

Специальность: 24.05.07 Самолето-и вертолетостроение

Самолетостроение

Квалификация: Инженер

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Молокова Светлана
Васильевна
Дата подписания: 16.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Бобарика Игорь
Олегович
Дата подписания: 19.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Распопина Вера
Борисовна
Дата подписания: 16.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности	ОПК-1.22

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК-1.22	Применяет законы термодинамики для оценки значений параметров физических систем	Знать основные законы термодинамики, уравнения термодинамики газового потока, циклы тепловых авиационных двигателей, физические основы передачи теплоты Уметь применять законы термодинамики и теплопередачи для решения практических задач Владеть навыками расчета термодинамических параметров, применения основных уравнений термодинамики к течению газа в элементах ГТД, навыками тепловых расчетов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Термодинамика и теплопередача» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Математика», «Аэродинамика», «Динамика полета самолета», «Проектная деятельность»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик:

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16

практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Уравнения состояния, виды уравнения состояния. Теплоемкость. Основные термодинамические законы.	1	10	1, 2, 4	7	1, 2	4	2, 3, 4	14	Тест
2	Основные уравнения термодинамики газового потока	2	5			3	2	2, 3, 4	7	Тест
3	Разгон и торможение газового потока	3	3			4	2	4	2	Тест
4	Циклы тепловых двигателей	4	2	3	3	5	4	4	2	Тест
5	Физические основы передачи теплоты. Теплопроводность тел на стационарном режиме	5	2			6	4			Тест
6	Конвективный теплообмен	6	2							Тест
7	Передача теплоты через стенки и методы тепловой защиты	7	3	5, 6	6			2, 2, 4	8	Тест
8	Теплообмен излучением	8	3					3, 4	4	Тест
9	Теплообменные аппараты. Применение в ГТД и в космической технике.	9	2					1, 4	7	Тест

	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		16		16		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Уравнения состояния, виды уравнения состояния. Теплоемкость. Основные термодинамические законы.	1.1 Основные понятия и определения, исходные положения технической термодинамики.1.2. Параметры состояния идеального газа.1.3. Уравнение состояния идеального газа, виды уравнения состояния.1.4. Теплоемкость газа.1.5. Газовые смеси. Теплоемкость смеси газов.1.6. Основные энергетические характеристики термодинамических систем.1.7. Первый закон термодинамики.1.8. Основные термодинамические процессы в газах.1.9. Политропные процессы и их исследование.1.10. Термодинамические процессы в силовых установках летательных аппаратов.1.11. Второй закон термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики. 1.12. Тепловой двигатель. 1.13. Цикл Карно.1.14. Энтропия 1.15 T,S-координаты.
2	Основные уравнения термодинамики газового потока	2.1 Исходные положения2.2. Уравнение неразрывности.2.3. Уравнение первого закона термодинамики.2.4. Уравнение сохранения энергии2.5. Обобщенное уравнение Бернулли.2.6. Параметры адиабатно-заторможенного потока.2.7. Применение основных уравнений термодинамики к течению газа в элементах ГТД. Частные случаи уравнения сохранения энергии для элементов авиационных двигателей.
3	Разгон и торможение газового потока	3.1 Форма канала, необходимая для разгона и торможения газового потока.3.2. Разгон и торможение газового потока при различных воздействиях на него.3.3. Условия разгона и торможения газа при адиабатном течении в канале.3.4. Скорость истечения газа из сопла.3.5. Критические параметры газового потока.3.6. Газодинамические функции.3.7. Условия разгона и торможения газа при адиабатном течении в канале.
4	Циклы тепловых двигателей	4.1 Типы тепловых двигателей.4.2. Задачи и сущность термодинамического метода исследования циклов тепловых двигателей.4.3. Цикл Брайтона-Стечкина. Его применение в ГТД. 4.4. Цикл Гемфри, его применение в авиационной и космической технике.
5	Физические основы передачи теплоты. Теплопроводность тел	5.1 Виды теплообмена: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение.5.2 Основные понятия теплопроводности.5.3 Закон

	на стационарном режиме	Фурье.5.4 Дифференциальное уравнение теплопроводности.5.5 Теплопроводность на стационарном режиме.5.6 Контактное тепловое сопротивление.
6	Конвективный теплообмен	6.1 Физическая природа конвективного теплообмена.6.2 Закон Ньютона.6.3 Применение теории подобия физических явлений к исследованию процесса конвективного теплообмена.6.4 Конвективный теплообмен при вынужденном (принудительном обдуве) движения теплоносителя.6.5 Конвективный теплообмен при свободном (естественной конвекции) движении теплоносителя
7	Передача теплоты через стенки и методы тепловой защиты	7.1 Общие сведения 7.2 Физическая картина и основные закономерности передачи теплоты через стенку. 7.3 Способы изменения интенсивности передачи теплоты через стенки. 7.4 Способы тепловой защиты элементов и деталей конструкции летательных аппаратов и их силовых установок. 7.5 Конвективный теплообмен при свободном (естественной конвекции) движении теплоносителя.
8	Теплообмен излучением	8.1 Основные определения теплового излучения.8.2 Основные законы излучения абсолютно-черного тела.8.3 Особенности излучения и поглощения реальных тел.8.4 Лучистый теплообмен 8.5 Влияние экранов на теплообмен излучением
9	Теплообменные аппараты. Применение в ГТД и в космической технике.	9.1 Общие сведения о теплообменных аппаратах.9.2 Рекуперативные теплообменные аппараты.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Газовые законы, тарировка газового термометра.	2
2	Диаграммы состояния реального газа (изучение кривой Ван-дер-Ваальса	3
3	Цикл тепловой машины (прямой и обратный).	3
4	Определение показателя адиабаты по скорости звука в воздухе	2
5	Исследование конвекционной теплоотдачи при естественной конвекции вдоль горизонтального цилиндра	3
6	Исследование процесса конвективного теплообмена при вынужденном движении	3

	жидкости.	
--	-----------	--

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Уравнения состояния, виды уравнения состояния.	2
2	Теплоемкость. Основные термодинамические законы	2
3	Основные уравнения термодинамики газового потока	2
4	Разгон и торможение газового потока	2
5	Циклы тепловых двигателей	4
6	Физические основы передачи теплоты. Теплопроводность тел на стационарном режиме	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к контрольным работам	4
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	12
3	Подготовка к экзамену	9
4	Проработка разделов теоретического материала	19

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: групповая дискуссия; лекции с заранее объявленными ошибками; «Мозговая атака», «мозговой штурм»; Презентации с использованием вспомогательных средств с процессом последующего обсуждения; разминка; групповая дискуссия.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Все методические материалы по практическим работам приведены в ЭОР по дисциплине: <http://el.istu.edu>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Все методические материалы по лабораторным работам приведены в ЭОР по дисциплине: <http://el.istu.edu/>

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа студентов выражается в освоении ими в необходимом объеме учебной программы по дисциплине, выработке навыков обработки статистических

данных и построения математических моделей на основе статистических данных, а также в подготовке к аудиторным занятиям и выполнении соответствующих заданий.

Практическому (семинарскому) занятию в обязательном порядке должна предшествовать самостоятельная подготовительная работа студента, целями которой являются:

- изучение и повторение лекционного материала (каждая тема включает вопросы для самоконтроля и тестовые задания);
- самостоятельное изучение необходимого для успешного проведения лабораторных занятий теоретического материала (подготовка к лабораторным занятиям);
- выполнение простейших тренировочных заданий, призванных акцентировать внимание студента на наиболее важных разделах изучаемого материала для последующего участия в групповой дискуссии на семинарском (практическом занятии) и выполнении практических заданий;
- формирование навыков самостоятельной работы с учебной и научной литературой по изучаемому предмету.

Контроль выполнения заданий для самостоятельной работы проводится в следующих формах:

- - защита лабораторных работ;
- - проведение опросов на лабораторных занятиях по пройденному материалу;
- - заслушивание докладов (презентаций);
- - подготовка к итоговому контролю – экзамену.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 4 | Тест

Описание процедуры.

Тесты по дисциплине приводятся по всем разделам курса в ЭОР по дисциплине:
<http://el.istu.edu/>

Критерии оценивания.

Знает:

- фундаментальные физические законы в области термодинамики;
- уравнение состояния газа, виды уравнения;
- идеальные циклы авиационных двигателей;

Умеет:

- применять законы термодинамики для решения практических задач;
- применять методы теории подобия при экспериментальном и расчетном решении задач в области теплопередачи;
- анализировать тепловое состояние элементов конструкции двигателей и влияние на него различных факторов;

Владеет:

- методами составления и решения задач термодинамики и теплопередачи;
- навыками по расчету термодинамических процессов и циклов, а также процессов теплообмена.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК-1.22	Знает: - фундаментальные физические законы в области термодинамики; - уравнение состояния газа, виды уравнения; - идеальные циклы авиационных двигателей; Умеет: - применять законы термодинамики и теплопередачи для решения практических задач; ; - анализировать тепловое состояние элементов конструкции двигателей и влияние на него различных факторов; Владеет: - методами составления и решения задач термодинамики и теплопередачи; - навыками по расчету термодинамических процессов и циклов, а также процессов теплопередачи	тесты, ответы на вопросы

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится и использованием комплекта билетов. Экзаменационные билеты должны содержать два теоретических вопроса и задачу. Расположив на столе экзаменационные билеты в произвольном порядке, преподаватель приглашает к столу обучающегося. Выбрав билет, учащийся называет вслух его номер. Преподаватель записывает номер билета в экзаменационную ведомость и выдает учащемуся проштампованный лист для подготовки ответа. Одновременно в аудитории готовится к ответу должны не более 5 человек. Время подготовки к ответу, в зависимости от сложности предмета 20-40 мин. Обучающиеся приступают в работе над ответами на билеты. Задача преподавателя на этом этапе контролировать ситуацию. Обучающиеся, нарушающие дисциплину (устраивающие переговоры, списывающие и т.д.) лишаются права сдавать экзамен

Рейтинг каждого обучающегося по дисциплине определяется от 0 до 100 баллов, полученных в процессе освоения данной дисциплины как сумма баллов по результатам

текущего контроля и промежуточной аттестации, из расчета:

60% от текущего контроля

40% от промежуточной аттестации.

Вопросы к экзамену:

1. Исходные положения технической термодинамики (рабочее тело, идеальный и реальный газ, термодинамическая система, равновесное и неравновесное состояние: определение, анализ).
2. Параметры состояния идеального газа: определение, формулы, единицы, анализ.
3. Уравнения состояния идеального газа: вывод, анализ.
4. Теплоемкость газа: виды теплоемкостей, факторы, влияние на величину теплоемкости газа (рабочего тела). Уравнение Майера. Показатель адиабаты.
5. Внутренняя энергия газа: определение, изменения внутренней энергии в процессе, анализ.
6. Работа газа в процессе: определение, уравнение и его анализ, графическое изображение.
7. Теплота в процессе: определение, уравнение и его анализ, графическое изображение.
8. Энтальпия газа: определение, изменение энтальпии в процессе, анализ. 9.
- Первый закон термодинамики: формулировка, уравнение, анализ.
10. Термодинамические процессы в газах: определение, понятие обратимых и необратимых процессов, задачи и общий метод исследования процессов.
11. Изохорный процесс и его исследование.
12. Изобарный процесс и его исследование.
13. Изотермический процесс и его исследование.
14. Адиабатный процесс и его исследование.
15. Политропный процесс и его исследование. Особенности распределения энергии в политропных процессах.
16. Тепловой двигатель: понятие о круговом процессе (цикле) теплового двигателя, работа цикла, термический КПД цикла.
17. Второй закон термодинамики: физическая сущность, формулировки.
18. Прямой цикл Карно и его использование.
19. Энтропия и ее физическая сущность.
20. T, s -координаты и их анализ. Изображение основных процессов в T, s -координатах.
21. Уравнение неразрывности и его анализ.
22. Уравнение сохранения энергии и его анализ.
23. Обобщенное уравнение Бернулли и его анализ.
24. Параметры адиабатно-заторможенного потока (полные параметры): определение, связь со статическими параметрами.
25. Уравнение сохранения энергии в полных параметрах.
26. Сопла и диффузоры: определение, анализ необходимой формы.
27. Условия, определяющие истечение газа из сопла. Условия, необходимые для разгона газового потока для чисел $M > 1$.
28. Скорость истечения газа из сопла: уравнение (вывод и его анализ).
29. Критические параметры газового потока: определения, формулы (вывод), их анализ.
30. Газодинамические функции: виды, определения, запись (формулы), диапазон изменений.
31. Расход газа при истечении через сопло: уравнение (вывод), анализ.
32. Докритические, критические сверхкритические режимы течения газа в суживающихся соплах: условия получения, графическое представление, анализ. Факторы, влияющие на течение газа в суживающемся сопле.
33. Виды (способы) переноса теплоты: физическая сущность, примеры.
34. Основные понятия теплопроводности (температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока) и их анализ.

35. Закон Фурье: физическая сущность, уравнение, анализ.
36. Теплопроводность плоской однослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
37. Теплопроводность плоской многослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
38. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.

Пример задания:

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

по дисциплине «ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА »

1. Исходные положения технической термодинамики (рабочее тело, идеальный и реальный газ, термодинамическая система, равновесное и неравновесное состояние: определение, анализ).
2. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
3. Решить задачу: Воздух в количестве 3 м³ расширяется политропно от давления 5,4 бара и температуры 45°С до давления 1,5 бара . Объем, занимаемый при этом воздухом, становится равным 10 м³.
Определить показатель политропы, конечную температуру , полученную работу и количество подведенного тепла.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
более 87	от 73 до 87	от 55 до 73	менее 55

7 Основная учебная литература

1. Исаев А. И. Термодинамика и теплопередача : учебное пособие / А. И. Исаев, С. В. Молокова, 2011. - 156.
2. Термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : методические указания по лабораторным работам для студентов по направлению 160200 "Авиационное строительство" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 54.
3. Молокова С. В. Термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Молокова, 2007. - 157.
4. Термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению заданий практических занятий для студентов по направлению специальности: 160201 "Самолето- и вертолетостроение" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2008. - 84.
5. Захарьева Н. Г. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие / Н. Г. Захарьева, В. А. Начигин, 2013. - 171.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Болгарский А. В. Термодинамика и теплопередача : учебник для студентов авиационных вузов и факультетов / А. В. Болгарский, Г. А. Мухачев, В. К. Щукин, 1964. - 458.
2. Алабовский Александр Николаевич. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. пособие для технол. специальностей вузов / Александр Николаевич Алабовский, И. Недужий, 1990. - 255.
3. Мухачев Г. А. Термодинамика и теплопередача : учеб. для авиац. специальностей вузов / Г. А. Мухачев, В. К. Щукин, 1991. - 479.
4. Болгарский Андрей Владимирович. Термодинамика и теплопередача : учеб. для авиац. специальностей вузов / Андрей Владимирович Болгарский, Г.А. Мухачев, В.К. Щукин, 1975. - 495.
5. Нащокин Владимир Васильевич. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. пособие для неэнерг. спец. вузов / Владимир Васильевич Нащокин, 1980. - 469.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Mechanical Analysis Bundle (FloEFD)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
2. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
3. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
4. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
5. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
6. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь

7. Компьютер BEELINE 1640/945P512*2/200/256Mb/Win/монитор Sams TFT 17"
8. жалюзи
9. Принтер HP LJ 1022
10. принтер HP LJ
11. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
12. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
13. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
14. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
15. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
16. Компьютер BEELINE 1640/945P512*2/200/256Mb/Win/монитор Sams TFT 17"
17. Принтер цветной Oki C5700dn
18. Компьютер BEELINE 1640/945P512*2/200/256Mb/Win/монитор Sams TFT 17"
19. Мультиим.проектор "BenQ MW621ST" с экраном