

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, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

Направление: 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей

Техническое обслуживание летательных аппаратов и авиационных двигателей

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Молокова Светлана
Васильевна
Дата подписания: 15.06.2025

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

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

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

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-1 Способность решать задачи профессиональной деятельности на основе применения знаний математических, естественных и технических наук	ОПК ОС-1.15

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-1.15	Применяет законы термодинамики для оценки значений параметров физических систем	Знать Знать фундаментальные физические законы в области термодинамики: уравнение состояния газа, виды уравнения; основные уравнения термодинамики газового потока; основы термодинамики реальных газов; закономерности течения одномерных газовых потоков в каналах, соплах и диффузорах; идеальные циклы авиационных двигателей; основные законы теплопроводности, конвективного теплообмена и теплообмена излучением; основы теории подобия физических процессов; конструкцию и принципы работы теплообменных аппаратов и систем охлаждения, устанавливаемых на авиационных двигателях. Уметь проводить анализ термодинамических процессов в элементах двигателей и системах ла; использовать основные законы термодинамики; анализировать тепловое состояние элементов конструкции двигателей и влияние на него различных факторов; 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

		Владеть навыками реализации численных алгоритмов решения вычислительных задач
--	--	--

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Термодинамика, теплопередача и теплотехника» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Математика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Теория двигателей самолета», «Динамика полета», «Аэродинамика (прикладная)»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Учебный год № 2	Учебный год № 3
Общая трудоемкость дисциплины	144	36	108
Аудиторные занятия, в том числе:	16	2	14
лекции	8	2	6
лабораторные работы	8	0	8
практические/семинарские занятия	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	119	34	85
Трудоемкость промежуточной аттестации	9	0	9
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Экзамен		Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Учебный год № 2

№ 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.	1	2					1, 2, 3, 4, 5	34	Тест

	Теплоемкость. Основные термодинамические законы.									
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

Учебный год № 3

№ 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
2	Основные уравнения термодинамики газового потока	2	1					1, 3, 4, 5	14	Тест
3	Циклы тепловых двигателей	3	1	5	1			1, 3, 4, 5, 6, 6	21	Тест
4	Физические основы передачи теплоты. Теплопроводность тел на стационарном режиме	4	1	6, 7	2			3	7	Тест
5	Конвективный теплообмен	5		8, 9	2			2, 3	18	Тест
6	Теплообмен излучением	6						4, 5	4	Тест
7	Теплообменные аппараты. Применение в ГТД и в космической технике	7	1	10	1			1, 3, 5	11	Доклад
8	Разгон и торможение газового потока	8	1							Тест
	Промежуточная аттестация								9	Экзамен
	Всего		5		6				84	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Учебный год № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Уравнения состояния, виды уравнения состояния. Теплоемкость. Основные термодинамические законы.	Основные понятия и определения, исходные положения технической термодинамики. Параметры состояния идеального газа. Уравнение состояния идеального газа, виды уравнения состояния. Теплоемкость газа. Газовые смеси. Теплоемкость смеси газов. Основные энергетические характеристики термодинамических систем. Первый закон

		термодинамики. Основные термодинамические процессы в газах. Политропные процессы и их исследование. Термодинамические процессы в силовых установках летательных аппаратов. Второй закон термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики. Тепловой двигатель. Цикл Карно. Энтропия. T,S-координаты.
--	--	---

Учебный год № 3

№	Тема	Краткое содержание
2	Основные уравнения термодинамики газового потока	Исходные положения. Уравнение неразрывности. Уравнение первого закона термодинамики. Уравнение сохранения энергии. Обобщенное уравнение Бернулли. Параметры адиабатно-заторможенного потока. Применение основных уравнений термодинамики к течению газа в элементах ГТД. Частные случаи уравнения сохранения энергии для элементов авиационных двигателей.
3	Циклы тепловых двигателей	Типы тепловых двигателей. Задачи и сущность термодинамического метода исследования циклов тепловых двигателей. Цикл Брайтона-Стечкина. Его применение в ГТД. Цикл Гемфри, его применение в авиационной и космической технике
4	Физические основы передачи теплоты. Теплопроводность тел на стационарном режиме	Виды теплообмена: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Основные понятия теплопроводности. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность на стационарном режиме. Контактное тепловое сопротивление.
5	Конвективный теплообмен	Физическая природа конвективного теплообмена. Закон Ньютона. Применение теории подобия физических явлений к исследованию процесса конвективного теплообмена. Конвективный теплообмен при вынужденном (принудительном обдуве) движения теплоносителя. Конвективный теплообмен при свободном (естественной конвекции) движении теплоносителя.
6	Теплообмен излучением	Основные определения теплового излучения. Основные законы излучения абсолютно-черного тела. Особенности излучения и поглощения реальных тел. Лучистый теплообмен. Влияние экранов на теплообмен излучением.
7	Теплообменные аппараты. Применение в ГТД и в космической технике	Общие сведения о теплообменных аппаратах. Рекуперативные теплообменные аппараты.
8	Разгон и торможение газового потока	Форма канала, необходимая для разгона и торможения газового потока. Разгон и

		торможение газового потока при различных воздействиях на него. Условия разгона и торможения газа при адиабатном течении в канале. Скорость истечения газа из сопла. Критические параметры газового потока. Газодинамические функции. Условия разгона и торможения газа при адиабатном течении в канале. Идеальное течение газа в соплах.
--	--	--

4.3 Перечень лабораторных работ

Учебный год № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Газовые законы, тарировка газового термометра.	1
3	Определение теплоемкости газа методом проточного нагрева	1
5	Термодинамический метод исследования циклов тепловых двигателей	1
6	Теплопроводность плоской однослойной стенки на стационарном режиме	1
7	Теплопроводность плоской многослойной стенки	1
8	Исследование процесса конвективного теплообмена при свободном движении жидкости.	1
9	Исследование процесса конвективного теплообмена при вынужденном движении жидкости.	1
10	Исследование работы трубчатого теплообменника	1

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Учебный год № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	1
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	12
3	Подготовка к экзамену	3
4	Проработка разделов теоретического материала	13
5	Тест (СРС)	5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	10
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	16
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	31
4	Подготовка к экзамену	7
5	Проработка разделов теоретического материала	13
6	Расчетно-графические и аналогичные работы	8

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: групповая дискуссия, разбор конкретных ситуаций, интерактивные лекции.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории, в которой имеется специальное программное обеспечение (FloEFD NX). Методические указания к выполнению лабораторных работ расположены в ЭОР <https://el.istu.edu>. Студенты изучают методические материалы, знакомятся с виртуальным оборудованием.

Используется ПК с выходом на телеэкран для демонстрации презентаций и видеороликов, иллюстрирующих изучаемый материал.

Студенты получают задание для выполнения конкретных действий и выполнения расчетов по теме каждой работы.

По результатам выполнения работы оформляется отчет в соответствии с СТО 005-2020 ИРНИТУ.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Рекомендуются следующие виды самостоятельной работы:

- Подготовка к лабораторным работам

Проработка отдельных разделов теоретического курса

Оформление отчетов по лабораторным работам

Подготовка к экзамену

При подготовке к лабораторным работам, подготовке к сдаче экзамена, самостоятельном изучении разделов курса используется основная и дополнительная литература.

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 учебный год 2 | Тест

Описание процедуры.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории, в которой имеется специальное программное обеспечение (FloEFD NX). Методические указания к выполнению лабораторных работ расположены в ЭОР <https://el.istu.edu>. Студенты изучают методические материалы. Используется ПК с выходом на телеэкран для демонстрации презентаций и видеороликов, иллюстрирующих изучаемый материал. Студенты получают задание для выполнения конкретных действий и выполнения расчетов по теме каждой работы.

По результатам выполнения работы оформляется отчет в соответствии с СТО 005-2020 ИРНИТУ.

По каждой лекции в ЭОР по ссылке <https://el.istu.edu> находятся тесты по всем вопросам, рассмотрены в соответствующей лекции

Примерные вопросы для контроля:

1. Укажите наиболее общее определение термодинамической системы. Под термодинамической системой понимается ...

1. Любая совокупность материальных тел;
2. Совокупность тел: источника тепла, ТРТ, холодильника и аккумулятора работы;
3. Отдельное тело.

2. Энергоизолированной системой называется система, которая не обменивается с окружающей средой ...

1. Любыми видами энергии;
2. Теплотой;
3. Теплотой и механической работой;
4. Механической работой.

3. Адиабатной системой называется такая система, которая не обменивается с окружающей средой ...

1. Любыми видами энергии;
2. Теплотой;
3. Теплотой и механической работой;
4. Механической работой

4. Какой процесс называется обратимым?

1. процесс, при прохождении которого в прямом и обратном направлении и ТРТ, и вся система в целом возвращаются в начальное состояние так, как будто бы никакого процесса не было;
2. процесс, при котором ТРТ, выйдя из некоторого начального состояния и претерпев ряд изменений, возвращается в это начальное состояние через те же промежуточные точки;
3. любой термодинамический процесс.

5. Укажите правильную запись уравнения состояния для произвольного количества кг газа

1. $pV=mRT$;
2. $pV=8314MT$;
3. $pV=RT$;
4. $pV\mu=\mu RT$;

6. Чему равен удельный объем газа, если его общий объем $V=10$ м куб., а масса $m=20$ кг

1. 0,5;
2. 2;
3. 10;
4. 30;

7. Укажите правильную запись уравнения состояния для 1 кг газа

1. $pV=mRT$;
2. $pV=\mu mRT$;

3. $pV=RT$;
4. $p=\rho RT$
8. В каких единицах измеряется удельная газовая постоянная газа.
 1. Дж/кг;
 2. Дж/(кг*К);
 3. Дж/(моль*К);
 4. кДж/(кг*К).
9. Укажите верные соотношения, если $p_{абс}$ -абсолютное давление, p_m -показания манометра, p_v -показания вакуумметра, p_n -атмосферное давление
 1. $p_{абс}=p_n-p_v$;
 2. $p_{абс}=p_n+p_v$;
 3. $p_{абс}=p_n-p_m$;
 4. $p_{абс}=p_n+p_m$.
10. Термодинамическим параметром состояния идеального газа не является:
 1. удельный объем;
 2. Избыточное давление;
 3. Термодинамическая температура;
 4. абсолютное давление
11. Чему равно избыточное давление $p_{изб}$, если: $p_{абс}=4$ Атм- абсолютное давление, $p_m=3$ Атм- показания манометра, $p_n=1$ Атм - атмосферное давление
 1. $p_{изб}=3$ Атм;
 2. $p_{изб}=2$ Атм;
 3. $p_{изб}=1$ Атм.
12. Чему равно численное значение удельной газовой постоянной газа водород, Дж/(кг*К)
 1. 4,157;
 2. 8,341;
 3. 4157
13. Какая (какие) из указанных теплоемкостей не существует в термодинамике?
 1. Удельная изохорная теплоемкость;
 2. Удельная изобарная теплоемкость;
 3. Удельная изотермная теплоемкость;
 4. Удельная адиабатная теплоемкость.
14. Для двух-атомного газа идеального газа удельная изобарная и изохорная теплоемкости соответственно равны
 1. $C_p=4,5R$ $C_v=3,5R$;
 2. $C_p=3,5R$ $C_v=2,5R$;
 3. $C_p=2,5R$ $C_v=3,5R$;
 4. $C_p=4R$ $C_v=3R$.
15. Выберите формулу для определения истинной теплоемкости газа:
 1. $c=C/m$;
 2. $C=dQ/dT$;
 3. $C=Q/T$;
 4. $C=dQ/dm$
16. Какое из представленных уравнений является уравнением Майера.
 1. $R= c_p - c_v$;
 2. $R= C_v - C_p$;
 3. $R= c_v -c_p$.
17. Выберите формулу для определения средней теплоемкости газа
 1. $C=Q_{1-2}/(T_2-T_1)$;
 2. $C=dQ/dT$;
 3. $C=Q/T$

18. Укажите правильную зависимость истинной теплоемкости от температуры.
1. $c=a+bt$;
 2. $c=a_1+b/2t$
 3. $c=a+b/2t$
 4. $c=a_1+bT$.
19. Укажите правильное соотношение между c_p и c_v идеальных газов.
1. $c_p=c_v$;
 2. c_p ;
 3. $c_p>c_v$.
20. Если объем газа в результате изобарного процесса уменьшится в 2 раза, то температура газа.
1. увеличится вдвое;
 2. уменьшится вдвое;
 3. не изменится;
 4. уменьшится в $k/2$ раза.
21. Если давление газа в результате изотермического процесса увеличится в 2 раза, то объем газа:
1. увеличится вдвое;
 2. уменьшится вдвое;
 3. не изменится;
 4. увеличится в $2/k$ раз.
22. Какие из соотношений между параметрами являются верными для изотермического процесса
1. $p_1v_1=p_2v_2$;
 2. $p_1/p_2=v_1/v_2$;
 3. $p v=\text{const}$;
 4. $p_1/p_2=\text{const}$
23. В каком из приведенных ниже процессов все тепло идет на увеличение внутренней энергии
1. Изобарный;
 2. Изотермический;
 3. Адиабатный;
 4. Изохорный.
24. Показателем адиабаты называется
1. Отношение удельной изобарной к удельной изохорной теплоемкости;
 2. Отношение удельной изохорной к удельной изобарной теплоемкости;
 3. Разность удельной изобарной и удельной изохорной теплоемкости
25. Какой процесс называется политропным?
1. Процесс, в котором происходит изменение всех термодинамических параметров (p, v, T);
 2. Процесс, в течение которого теплоемкость тела остается постоянной
 3. Процесс, который происходит без теплообмена с внешней средой.
26. Какой термодинамический процесс называется изохорным процессом?
1. Термодинамический процесс с определенным законом распределения энергии;
 2. Термодинамический процесс, протекающий при постоянном объеме;
 3. Термодинамический процесс, протекающий без подвода тепла;
 4. Термодинамический процесс, протекающий при постоянной температуре.
27. Укажите верное соотношение параметров для изохорного процесса.
- $$p_1/p_2 = T_1/T_2 ;$$
- $$p_2/p_1 = T_1/T_2 ;$$
- $$v_2/v_1 = T_1/T_2 ;$$

$$v_2/v_1 = T_2/T_1 ;$$

28. Какой из термодинамических процессов невозможно реализовать в качестве основы циклов тепловых двигателей летательных аппаратов:

1. Изобарный процесс;
2. изотермический процесс;
3. изохорный процесс;
4. адиабатный процесс.

Критерии оценивания.

Тест считается сданным при ответе не менее чем на 70% вопросов.

6.1.2 учебный год 3 | Тест

Описание процедуры.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории, в которой имеется специальное программное обеспечение (FloEFD NX). Методические указания к выполнению лабораторных работ расположены в ЭОР <https://el.istu.edu>. Студенты изучают методические материалы. Используется ПК с выходом на телеэкран для демонстрации презентаций и видеороликов, иллюстрирующих изучаемый материал. Студенты получают задание для выполнения конкретных действий и выполнения расчетов по теме каждой работы.

По результатам выполнения работы оформляется отчет в соответствии с СТО 005-2020 ИРНИТУ.

По каждой лекции в ЭОР по ссылке <https://el.istu.edu> находятся тесты по всем вопросам, рассмотрены в соответствующей лекции

Примерные вопросы для контроля:

.Цикл Брайтона осуществляется...

1. С подводом и отводом теплоты при постоянном объеме;
2. С отводом и подводом тепла при постоянном давлении;
3. С подводом тепла при постоянном давлении и отводом тепла при постоянном объеме.
4. С подводом тепла при постоянном объеме и отводом тепла при постоянном давлении.

Какой из термодинамических процессов не реализуется в цикле Отто?

1. адиабатный;
2. изохорный;
3. изобарный.

Какие типы двигателей работают по циклу Дизеля?

1. поршневые двигатели с принудительным воспламенением топливно-воздушной смеси;
2. поршневые двигатели с самовоспламенением топливно-воздушной смеси ;
3. пульсирующий воздушно-реактивный двигатель.
4. турбореактивные двигатели.

Под теплообменом понимается...

1. любой процесс переноса теплоты в пространстве.
2. процесс переноса теплоты микрочастицами вещества при их тепловом движении.
3. процесс переноса теплоты макрочастицами вещества, перемещающимися в пространстве из области с большей температурой в область с меньшей температурой.
4. процесс распространения теплоты путем электромагнитных волн.

Геометрическое место точек температурного поля, имеющих в данный момент одинаковую температуру называется...

1. изотермной поверхностью.
2. тепловым потоком;

3. градиентом температур;
4. стационарным полем.

Температурный градиент направлен в сторону

1. уменьшения температуры;
2. увеличения температуры;
3. по касательной к изотермной поверхности;
4. неизменной температуры.

Определение количества теплоты, переносимого теплопроводностью основывается на законе:

1. Фурье;
2. теплопроводности Ньютона;
3. Кирхгофа.
4. дифференциального закона теплопроводности.

Чему равен диаметр напорного трубопровода, обеспечивающего расход при скорости движения потока $c=0,7$ м/с.

1. 0,25 м;
2. 0,2 м;
3. 0,35 м;
4. 0,1 м.

Уравнение неразрывности газового потока в случае несжимаемой жидкости имеет вид:

1. $cF = \text{const.}$
2. $\rho cF = \text{const.}$
3. $\rho cF = \text{const.}$
4. $\rho cF = \text{const.}$

Согласно обобщенному уравнению Бернулли в энергоизолированном газовом потоке увеличение скорости ($dc > 0$) происходит за счет...

1. уменьшения его давления;
2. увеличения его давления;
3. дополнительного подвода тепла;
4. подвода механической работы.

Входное устройство авиационного ГТД служит для...

1. для подвода воздуха к компрессору с минимальными потерями энергии и для осуществления сжатия воздуха в полете
2. для сжатия воздуха и подачи его в камеру сгорания;
3. для преобразования энергии теплосодержания в механическую работу на валу
4. для преобразования потенциальной энергии газового потока в кинетическую энергию направленного движения потока.

Канал, в котором происходит торможение сверхзвукового потока до дозвукового называют

1. соплом;
2. диффузором;
3. обращенным соплом Лаваля;
4. соплом Лаваля.

Располагаемой степенью понижения давления газа в сопле называется

1. отношение полного давления газа на входе в сопло к давлению окружающей среды;
2. отношение полного давления газа на входе в сопло к давлению в выходном сечении сопла;
3. отношение полного давления газа на входе в сопло к давлению в критическом сечении.
4. отношением давления в данном сечении к давлению адиабатно-замороженного потока.

Режимы полного расширения считаются

1. расчетными;

2. не расчетными;

Режимом полного расширения называют режим течения газа по соплу, при котором

1. давление газа в потоке на выходе из сопла равно давлению окружающей среды;
2. давление газа в потоке на выходе из сопла больше давления окружающей среды;
3. давление газа в потоке на выходе из сопла меньше давления окружающей среды;
4. давление газа в потоке на выходе из сопла значительно больше давления окружающей среды;

Устройства, предназначенные для передачи тепла от горячих теплоносителей холодным называются:

1. теплообменными аппаратами
3. источниками тепла;
3. тепловыми машинами;
4. системами регенерации тепла

В рекуперативных теплообменных аппаратах:

1. передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их теплопроводную стенку (рабочую поверхность). При этом направление теплового потока через стенку не изменяется в процессе работы;
2. передача тепла происходит при непосредственном контакте теплоносителей;
3. одна и та же рабочая поверхность, так называемая насадка, попеременно обтекается горячим и холодным теплоносителями.

Критерии оценивания.

Тест считается сданным при ответе не менее чем на 70% вопросов.

6.1.3 учебный год 3 | Доклад

Описание процедуры.

Студент готовит на свое усмотрение доклад с презентацией. Объем доклада 10-15 страниц печатного текста и презентацию. Затем он защищает его. Продолжительность доклада не более 5-7 минут

Критерии оценивания.

Оценивается глубина проработки тематики, структура доклада, качество презентации и качество владения терминологией докладчика.

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 ОС-1.15	Знает фундаментальные физические законы в области термодинамики: уравнение состояния газа, виды уравнения; основные уравнения термодинамики газового потока;	Тесты, ответы на вопросы

	основы термодинамики реальных газов; закономерности течения одномерных газовых потоков в каналах, соплах и диффузорах; идеальные циклы авиационных двигателей; основные законы теплопроводности, конвективного теплообмена и теплообмена излучением; основы теории подобия физических процессов; конструкцию и принципы работы теплообменных аппаратов и систем охлаждения, устанавливаемых на авиационных двигателях. Умеет проводить анализ термодинамических процессов в элементах двигателей и системах ла; использовать основные законы термодинамики; анализировать тепловое состояние элементов конструкции двигателей и влияние на него различных факторов; 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 навыками реализации численных алгоритмов решения вычислительных задач термодинамики, доведения решения до числового результата, анализа полученного решения	
--	--	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Учебный год 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом. Экзамен должен начинаться в указанное в расписании время и проводиться в отведенной для этого аудитории. Преподаватель принимает экзамен только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачетной книжки.

Результат экзамена объявляется студенту непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента. В случае неявки студента для сдачи экзамена в ведомости вместо оценки делается запись «не явился». Во время экзамена студент вытягивает билет, далее ему дается время на подготовку (не

более 30 минут). Непосредственно экзамен выполняется в устной форме в виде собеседования с преподавателем. В ходе собеседования студент должен ответить на вопросы билета.

Перечень экзаменационных вопросов:

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. Т, s-координаты и их анализ. Изображение основных процессов в Т, 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. Схема устройства, основные элементы авиационного ГТД и их назначение.
27. Входное устройство, компрессор, камера сгорания, турбина, выходное устройство ГТД: запись уравнения сохранения энергии применительно к этим элементам и его анализ.
28. Сопла и диффузоры: определение, анализ необходимой формы.
29. Условия, определяющие истечение газа из сопла. Условия, необходимые для разгона газового потока для чисел $M > 1$.
30. Скорость истечения газа из сопла: уравнение (вывод и его анализ).
31. Критические параметры газового потока: определения, формулы (вывод), их анализ.
32. Газодинамические функции: виды, определения, запись (формулы), диапазон изменений.

33. Расход газа при истечении через сопло: уравнение (вывод), анализ.
34. Докритические, критические сверхкритические режимы течения газа в суживающихся соплах: условия получения, графическое представление, анализ. Факторы, влияющие на течение газа в суживающемся сопле.
35. Режимы полного расширения, недорасширения, перерасширения при течении газа в сопле Лаваля: условия получения, графическое представление, анализ. Факторы, влияющие на течение газа в сопле Лаваля.
36. Типы тепловых двигателей. Задачи и сущность термодинамического исследования циклов тепловых двигателей.
37. Цикл Брайтона и его исследование.
38. Общие понятия о циклах Гемфри, Отто, Дизеля: графическое представление, применение.
39. Виды (способы) переноса теплоты: физическая сущность, примеры.
40. Основные понятия теплопроводности (температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока) и их анализ.
41. Закон Фурье: физическая сущность, уравнение, анализ.

Пример задания:

Билет 1

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	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает теоретический материал, использует в ответе материал научной литературы, свободно	Излагает теоретический материал, справляется с решением прикладных задач в области термодинамики, способен обосновывать принятое решение,	Знает основы теории термодинамики, с подсказками справляется с решением прикладных задач в области теплопередачи и теплотехнике .	Не освоил основы теории термодинамики, не справляется с решением прикладных задач в области теплопередачи и теплотехнике

справляется с задачами решения прикладных задач в области термодинамики, правильно обосновывает принятое решение, демонстрирует разносторонние навыки и приемы решения практических задач в области термодинамики, теплопередачи и теплотехнике	демонстрирует навыки решения практических задач в области термодинамики, теплопередачи и теплотехнике		
---	---	--	--

7 Основная учебная литература

1. Исаев А. И. Термодинамика и теплопередача : учебное пособие / А. И. Исаев, С. В. Молокова, 2011. - 156.
2. Молокова С. В. Термодинамика и теплопередачи [Электронный ресурс] : конспект лекций / С. В. Молокова, 2008. - 93.
3. Молокова С. В. Термодинамика, теплопередача и теплотехника / Б1.В.ОД.13 : электронный курс, 2019

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Техническая термодинамика и теплотехника : учеб. пособие для вузов / Л. Т. Бахшиева [и др.], 2006. - 271.
2. Базаров И. П. Термодинамика : [учебник для физических специальностей университетов] / И. П. Базаров, 1983. - 344.
3. Кудинов В. А. Техническая термодинамика : учеб. пособие для втузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, 2005. - 260.

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. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
8. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
9. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
10. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
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. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
17. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь

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