МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета _____ В.И.Ряжских
«01» сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Термодинамика и теплопередача»

Специальность 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение

Специализация специализация "Самолетостроение"

Квалификация выпускника инженер

Нормативный период обучения 5 лет и 6 м/ 6 лет.

Форма обучения очная/ очно-заочная

Год начала подготовки 2021

Автор программы _____ /Некравцев Е.Н./

И. о. заведующего кафедрой
Самолетостроения _____ /Некравцев Е.Н./

Руководитель ОПОП _____ /Некравцев Е.Н./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование знаний в области основ теплотехники с учетом дальнейшего обучения и подготовки к профессиональной деятельности.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Освоение основных законов и расчетных соотношений термодинамики и теплопередачи, принципов действия и протекания рабочих процессов тепловых двигателей, теплосиловых установок, холодильных машин и парогенераторных установок, а также приобретение навыков использования основных методов термодинамических и теплотехнических расчетов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Термодинамика и теплопередача» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.

ОПК-2 – Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;
	уметь применять полученные естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;
	владеть специальными средствами и методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.
ОПК-2	знать методологию и принципы использования современных информационных технологий;
	уметь использовать современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности;
	владеть программными продуктами, необходимыми для проведения необходимых экспериментов и их анализа.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Термодинамика и теплопередача» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	 180 5	 180 5

очно-заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	14	14
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа	96	96
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	 180 5	 180 5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Техническая термодинамика	Предмет и метод термодинамики Термодинамическая система. Термодинамические параметры состояния. Уравнение состояния. Термодинамический процесс. Теплоемкость газов. Смеси идеальных газов. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Внутренняя энергия. Работа расши-	22	10	8	36	76

		рения. Теплота. Энтальпия. Энтропия. Общая формулировка второго закона. Прямой цикл Карно. Обратный цикл Карно. Изменение энтропии в неравновесных процессах. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Термодинамические процессы реальных газов. Уравнение состояния реальных газов. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Истечение из суживающегося сопла. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Расчет процесса истечения с помощью *h-s* диаграммы. Дросселирование газов и паров. Термодинамическая Эффективность циклов теплосиловых установок. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных установок. Циклы паротурбинных установок. Цикл Ренкина на перегретом паре. Термический КПД цикла. Теплофикация. Общая характеристика холодильных установок.					
2	Теории теплообмена	Основы теории теплообмена. Основные понятия и определения. Теория теплопроводности. Закон Фурье. Плоская стенка. Цилиндрическая стенка.	2	2	4	12	20
3	Теплопередача	Теплопередача. Плоская стенка. Цилиндрическая стенка. Интенсификация теплопередачи. Тепловая изоляция. Конвективный теплообмен. Основной закон конвективного теплообмена. Пограничный слой. Числа подобия. Частные случаи конвективного теплообмена. Поперечное обтекание одиночной трубы и пучка труб. Течение теплоносителя внутри труб. Теплоотдача при естественной конвекции. Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи. Описание процесса излучения. Основные определения. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде. Перенос лучистой энергии в поглощающей и излучающей среде. Теплообменные аппараты. Типы теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов	12	6	6	24	48
Итого			**36**	**18**	**18**	**72**	**144**

очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Практ зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Техническая термодинамика	Предмет и метод термодинамики Термодинамическая система. Термодинамические параметры состояния. Уравнение состояния. Термодинамиче-	11	8	8	49	76

		ский процесс. Теплоемкость газов. Смеси идеальных газов. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Внутренняя энергия. Работа расширения. Теплота. Энтальпия. Энтропия. Общая формулировка второго закона. Прямой цикл Карно. Обратный цикл Карно. Изменение энтропии в неравновесных процессах. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Термодинамические процессы реальных газов. Уравнение состояния реальных газов. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Истечение из суживающегося сопла. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Расчет процесса истечения с помощью *h-s* диаграммы. Дросселирование газов и паров. Термодинамическая Эффективность циклов теплосиловых установок. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных установок. Циклы паротурбинных установок. Цикл Ренкина на перегретом паре. Термический КПД цикла. Теплофикация. Общая характеристика холодильных установок.					
2	Теории теплообмена	Основы теории теплообмена. Основные понятия и определения. Теория теплопроводности. Закон Фурье. Плоская стенка. Цилиндрическая стенка.	1	2	4	13	20
3	Теплопередача	Теплопередача. Плоская стенка. Цилиндрическая стенка. Интенсификация теплопередачи. Тепловая изоляция. Конвективный теплообмен. Основной закон конвективного теплообмена. Пограничный слой. Числа подобия. Частные случаи конвективного теплообмена. Поперечное обтекание одиночной трубы и пучка труб. Течение теплоносителя внутри труб. Теплоотдача при естественной конвекции. Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи. Описание процесса излучения. Основные определения. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде. Перенос лучистой энергии в поглощающей и излучающей среде. Теплообменные аппараты. Типы теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов	6	4	4	34	48
Итого			**18**	**14**	**16**	**96**	**144**

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Методы измерения температуры.

2. Изготовление и тарировка термопары.

3. Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха.

4. Исследование распределения температур в стенке бесконечного цилиндра методом электротепловой аналогии.

5. Определение коэффициента теплопроводности материала.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять полученные естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть специальными средствами и методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	знать методологию и принципы использования современных информационных технологий;	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	уметь использовать современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть программными продуктами, необходимыми для проведения необходимых экспериментов и их анализа.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Промежуточный контроль знаний проводится в 5 семестре для очной и очно - заочной форм обучения в виде экзамена, с оценкой уровня подготовки по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	**Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции**	**Критерии оценивания**	**Отлично**	**Хорошо**	**Удовл.**	**Неудовл.**
ОПК-1	знать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применять полученные естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть специальными средствами и методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	знать методологию и принципы использования современных информационных технологий;	ОПК-2	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	уметь использовать современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности;		Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть программными продуктами, необходимыми для проведения необходимых экспериментов и их анализа.		Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Из приведенных выражений выберите для изохорного процесса уравнение этого процесса, выражение I закона термодинамики и выражение для работы по расширению газа.

1) V/T=const;	5) Q=pΔV+ΔU;	9) A=pΔV;
2) p/T=const;	6) Q=ΔU;	10) A=0;
3) pV$^{?}$=const;	7) Q=A;	11) A=Q;
4) pV=(m/?)RT;	8) Q=0;	12) A=-ΔU.

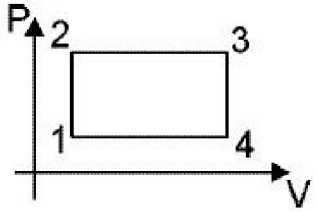
2. Тепловой двигатель за один цикл получает от нагревателя 100 кДж теплоты и отдает холодильнику 60 кДж. Чему равен КПД этого двигателя (%)?

1. 60; 2. 67; 3. 40; 4. 25

3. Каким должно быть отношение масс m_1/m_2 горячей и холодной воды для того, чтобы за счет охлаждения от 50°С до 30°С воды массы m_1, вода массой m_2 нагрелась от 20° до 30°С?

1. 4; 2. 2; 3. 1; 4. 1/2

4. Какой точке диаграммы изменения состояния идеального газа соответствует наибольшее значение внутренней энергии.



1. 3 2. 2 3. 4 4. 1

5. Укажите единицу измерения величины, определяемой произведением pΔV.

1. Ватт; 2. Паскаль; 3. Литр; 4. Джоуль.

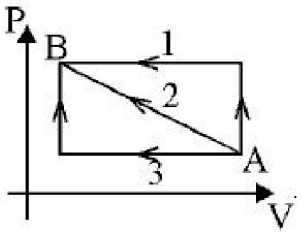
6. При изохорном нагревании на 50 К идеальный газ получил 2 кДж теплоты. Какую работу совершил идеальный газ (Дж)?

1. 0,8; 2. 1; 3. 2; 4. 0

7. Температура нагревателя реальной тепловой машины 227°С, холодильника - +27°С. За один цикл газ получает от нагревателя 64 кДж теплоты, а отдает холодильнику 48 кДж. Определите КПД машины (%).

1. 35; 2. 25; 3. 15; 4. 40

8. Переход газа из состояния А в состояние В можно осуществить тремя способами (см. рисунок). В каком случае работа над газом минимальна?



1. 1; 2. 2; 3. 3; 4. во всех случаях она одинакова

9. Внутренняя энергия заданной массы m идеального газа зависит только от …

1. объема; 2. давления; 3. формы сосуда; 4. температуры.

10. В воду температурой 15°С и объемом 2 л опустили неизвестный сплав массой 1 кг и температурой 90°С. В результате теплообмена установилась температура 20°С. Какова удельная теплоемкость сплава (Дж/кг•К), если удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/кг•К?

1. 400; 2. 600; 3. 1100; 4. 1300.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Воздух изотермически сжимается от давления p1=0,2 МПа и удельного объёма v1 =1,2 м3/кг до удельного объёма v2=0,2 м3/кг, а затем адиабатно расширяется до давления p3= p1. Найти значения параметров p,v, t в точках 1,2,3. Определить величину q, l ,ds, dh, du в процессах 1-2, 2-3,1-2-3 М=1 кг воздуха, при начальной температуре t1=30ºС и давлении p1=1бар сжимается адиабатно до конечного давления p2=10 бар. Определить конечный объем, конечную температуру и затрачиваемую работу.

2. В цикле Карно подвод тепла осуществляется при t1=1120 °С. Определить термический КПД цикла, подведенное и отведенное количество тепла, температуру отвода тепла, если известно: рабочее тело – воздух, масса рабочего тела М=1кг, относительное изменение объема рабочего тела в процессе расширения υ2/υ1=2, полная работа цикла А=190 кДж.

3. Начальное состояние водяного пара характеризуется абсолютным давлением p1= 0,4 МПа и температурой t1=250ºС. В результате впрыскивания кипящей воды, того же давления, пар становится сухим насыщенным. Давление смеси при этом остается постоянным. Определить количество впрыскиваемой воды на 1 кг пара и работу, совершенную в этом процессе. Изобразить процесс в Ts- и is-диаграммах.

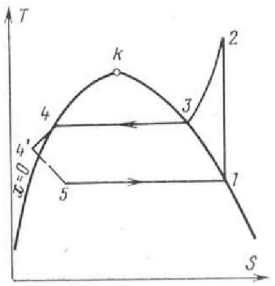
4. Воздух изотермически сжимается от давления p1=0,2 МПа и удельного объёма v1 =1,2 м3/кг до удельного объёма v2=0,2 м3/кг, а затем адиабатно расширяется до давления p3= p1. Найти значения параметров p,v, t в точках 1,2,3. Определить величину q, l ,ds, dh, du в процессах 1-2, 2-3,1-2-3

5. Определить, взорвется ли баллон со сжатым кислородом, если во время пожара температура кислорода в баллоне поднялась от t1 = 20°С до t2 = 450°С. Известно, что стенки сосуда могут выдерживать давление не более 10 МПа. Начальное давление p1 =4,8 МПа.

6. Начальное состояние водяного пара характеризуется абсолютным давлением p1= 0,4 МПа и температурой t1=250°С. В результате впрыскивания кипящей воды, того же давления, пар становится сухим насыщенным. Давление смеси при этом остается постоянным. Определить количество впрыскиваемой воды на 1 кг пара и работу, совершенную в этом процессе. Изобразить процесс в Ts- и is-диаграммах.

7. Пар-фреон-12 при температуре t1 =-200 ^{0}С поступает в компрессор, где адиабатно сжимается до давления, при котором его температура становится равной t2=200 ^{0}С, а степень сухости парах x1=1. Из компрессора фреон поступает в конденсатор, где при постоянном давлении обращается в жидкость при температуре кипения, после чего адиабатно расширяется в дросселе до температуры t4=t1. Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход фреона, а также теоретическую мощность привода компрессора, если холодопроизводительность установки Q=280 кВт. Изобразите схему установки и ее цикл в TS- и hS-диаграммах. Задачу решить с помощью таблицы параметров насыщенного пара фреона-12.

8. Определить холодильный коэффициент цикла для установки работающей на фреоне-12 , теоретическую мощность привода компрессора, если известны: холодопроизводительность установки Qo=600 МДж/ч; начальное состояние фреона t1=-15oC и x1=1; температура конденсации t3=30oC; температура перед дроссельным вентилем t4!=25oC. Установка работает с переохлаждением жидкости до температуры t4! , которая ниже температуры конденсации – t4, как показано на рисунке.



9. Паровая компрессионная установка с дроссельным вентилем использует пары низкокипящих жидкостей. Компрессор всасывает влажный насыщенный пар со степенью сухости x1 и сжимает его адиабатно. Превращая в сухой насыщенный пар при давлении, соответствующем температуре насыщения (конденсации) t2=t3=25°С. Из компрессора пар хладоагента поступает в конденсатор, где он превращается в жидкость, которая проходит через дроссельный вентиль, вследствие чего жидкость частично испаряется, а ее температура понижается до t1=t4=-5°С. При этой температуре хладагент поступает в охлаждаемое помещение (рефрижератор) где воспринимает тепло, и испаряется, образуя влажный насыщенный пар со степенью сухости x1 и снова направляется в компрессор. Определить:

1. Удельную хладопроизводительность, q_0 (кДж/кг).
2. Часовой расход хладоагента, Gчас (т/ч).
3. Теоретическую мощность компрессора, Nт (кВт).
4. Тепло, отданное в конденсаторе, q (кДж/кг).
5. Холодильный коэффициент, ε.
6. Холодильный коэффициент цикла Карно в интервале температур данного цикла, εК.

Если известны:

Наименование хладоагента – NH3 (аммиак) и хладопроизводительность – Q=50 кВт.

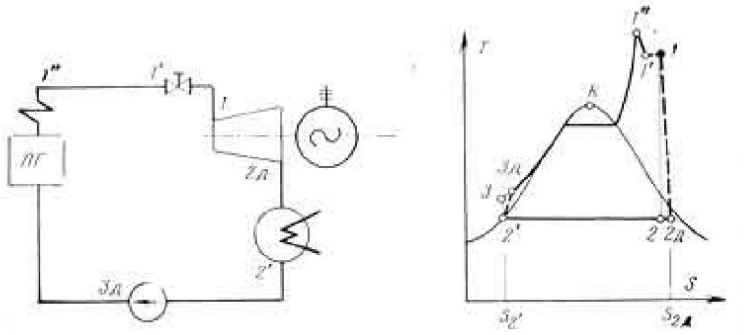
Результаты расчета представить в таблице.

10. Аммиачная холодильная установка при температуре кипения хладагента t1=-20oC и температуре его конденсации t2=25oC имеет холодопроизводительность Qo=200 кВт. Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход хладагента, а также теоретическую мощность привода компрессора, если известно, что пар аммиака после компрессора становится сухим насыщенным. Изобразить схему установки и её цикл в T,s – диаграмме.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с параметрами перегрева: давлением p1!!=12 МПа и температурой t1!!=550°С. Этот пар направляется к турбине, попутно излучая часть своей энергии в окружающую среду и теряя давление из-за сопротивления трению. В состоянии

p1!=11 МПа, пар адиабатно дросселируется до давления p1 = 9 МПа и расширяется в турбине до давления p2=40 гПа. Затем пар конденсируется при помощи охлаждающей воды. Относительный внутренний КПД турбины ηoiт = 0,85; насоса – ηoiн = 0,90; механический – ηм = 0,96; электрогенератора – ηт=0,97. Теплота сгорания топлива Qнр = 30000 кДж/кг. Коэффициент полезного действия котла ηп.к. = 0,92. Составить для этой установки баланс энергии и найти КПД установки на клеммах генератора.



2. Водяной пар с начальным давлением p5=3МПа и степенью сухости x5=0,95 поступает в пароперегреватель, где его температура повышается на Δt=245 °С; после перегревателя пар адиабатно расширяется в турбине до давления p2=3,5 кПа. Определить (по hs-диаграмме) количество теплоты (на 1 кг пара), подведенной к нему в пароперегревателе, работу цикла Ренкина и степень сухости пара x2 в конце расширения. Определить также термический КПД цикла. Определить работу цикла и конечную степень сухости, если после пароперегревателя пар дросселируется до давления p1'=0,48 МПа.

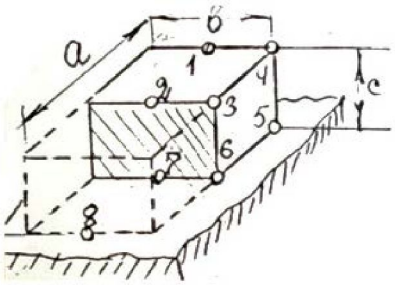
3. В клапанах паровой турбины водяной пар с начальными параметрами p1=7 МПа и t1=420 °С, дросселируется до давления p2=5 МПа, а затем в соплах турбины адиабатно расширяется до давления p3=2 МПа. Определить потерю полезной работы турбины вследствие дросселирования.

4. С целью регулирования мощности турбин применяется дросселирование пара, не приводящее к потере работоспособности. Постройте график зависимости удельной полезной работы турбины от давления p1 , перед соплом турбины, приняв последовательно p1=2,0;1,8;1,6;1,4;1,2; и 1,0 МПа. Начальные параметры пара: p0=2,5 МПа; t0=340 °С. Пар изоэнтропно расширяется до давления p2=0,005 МПа.

5. По стальному трубопроводу с внешним диаметром dн=120 мм и толщиной стенки δ=6 мм течет газ со средней температурой tг=900°С. Коэффициент теплоотдачи от газа к стенке α1=52 Вт/(м2•К). Снаружи трубопровод охлаждается водой со средней температурой tв=80°С. Коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воде α2=4400 Вт/(м2•К). Определить коэффициент теплопередачи от газа к воде, погонный тепловой поток и температуры наружной и внутренней стенки трубы. Тепловой поток считать стационарным. Лучистым теплообменом пренебречь.

6. Продукты горения (55% N2, 20% CO2, 23% H2O, 2% O2 – в объемных долях) с температурой tг=800°С проходят по шамотной трубе с внутренним диаметром d=140 мм. Давление газа p=0,14 МПа, коэффициент теплоотдачи конвекцией αк=25 Вт/м2•К. Чему равна линейная плотность теплового потока через стенку трубы, если температура ее внутренней поверхности tс =400°С ?

7. Металлическая заготовка (размеры обозначены на рисунке и приведены ниже) с температурой tн поместили на под печи (принять, что теплообмен с ним отсутствует). Температура печи tп, коэффициент теплоотдачи к металлу α. Какой будет температура в указанной точке через время τ?
Точка 5, размеры: a=240 мм, в=320 мм, c=110 мм, tн=120°С, tп=700°С , Материал: Сталь 40, α=70 Вт/(м2•К) , τ=70 мин



8. Стальная труба длиной l=250 м и диаметром d1/d2=150/165мм покрыта слоем изоляции

теплопроводностью λ=0,3 Вт/(м•°С) и толщиной δ=9 мм, по трубе течет вода с температурой tв=130°С, коэффициент теплоотдачи α1=1,5кВт/(м2•°С), снаружи труба омывается воздухом с температурой tвозд=-10°С, коэффициент теплоотдачи α2=14 Вт/(м2•°С). Определить сколько тепла теряется в течение года. Теплопроводность стали λтр=45 Вт/(м•°С). Как изменятся теплопотери. Если на внутренней поверхности трубы образовался слой ржавчины толщиной δр=0,2 мм и коэффициентом теплопроводности λр=5 Вт/(м•°С)

9. Стальной слиток размером 100×200×300 мм, имеющий температуру to=20 ^{0}С помещен в печь с температурой tc=1500 ^{0}С на время τ=1,5 часа. Определить температуру в центре слитка, если известны: коэффициент температуропроводности a=6,94 ×10-6 м^2/с, коэффициент теплоотдачи от среды к слитку α=165 Вт/м^2×град, коэффициент теплопроводности слитка λ=37,2 Вт/м×град.

10. Бетонная колонна охлаждается в воздухе, имеющем температуру tж= -20 ^{0}С. Начальная температура бетонной колонны tc=30 ^{0}С. Радиус колонны r=0,4 м. Физические параметры бетона: коэффициент теплопроводности λ= 0,87 Вт/м град, плотность ρ=2100 кг/м^3, теплоемкость С=0,88 кДж/кг град. Коэффициент теплоотдачи от колонны к воздуху α=8 Вт/м^2 град. Определить температуры поверхности колонны и ее середины через 6 и 12 часов после начала охлаждения.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Предмет и метод термодинамики.
2. Термодинамическая система.
3. Термодинамические параметры состояния.
4. Уравнение состояния.
5. Термодинамический процесс.
6. Теплоемкость газов.
7. Смеси идеальных газов.
8. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
9. Внутренняя энергия.
10. Работа расширения.
11. Теплота.
12. Энтальпия.
13. Энтропия.
14. Общая формулировка второго закона.
15. Прямой цикл Карно.
16. Обратный цикл Карно.
17. Изменение энтропии в неравновесных процессах.
18. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах.
19. Термодинамические процессы реальных газов.
20. Уравнение состояния реальных газов.
21. Уравнение первого закона термодинамики для потока.
22. Истечение из суживающегося сопла.
23. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах.
24. Расчет процесса истечения с помощью *h-s* диаграммы.
25. Дросселирование газов и паров.
26. Термодинамическая эффективность циклов теплосиловых установок.
27. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.
28. Циклы газотурбинных установок.
29. Циклы паротурбинных установок.
30. Цикл Ренкина на перегретом паре.
31. Термический КПД цикла.
32. Теплофикация.
33. Общая характеристика холодильных установок.
34. Основы теории теплообмена.
35. Основные понятия и определения.
36. Теория теплопроводности.

37. Закон Фурье.
38. Плоская стенка.
39. Цилиндрическая стенка.
40. Теплопередача.
41. Плоская стенка.
42. Цилиндрическая стенка.
43. Интенсификация теплопередачи.
44. Тепловая изоляция.
45. Конвективный теплообмен.
46. Основной закон конвективного теплообмена.
47. Пограничный слой.
48. Числа подобия.
49. Частные случаи конвективного теплообмена.
50. Поперечное обтекание одиночной трубы и пучка труб.
51. Течение теплоносителя внутри труб.
52. Теплоотдача при естественной конвекции.
53. Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи.
54. Описание процесса излучения.
55. Основные определения.
56. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде.
57. Перенос лучистой энергии в поглощающей и излучающей среде.
58. Теплообменные аппараты.
59. Типы теплообменных аппаратов.
60. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается 5 баллами, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Техническая термодинамика	ОПК-1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
2	Теории теплообмена	ОПК-1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
3	Теплопередача	ОПК-1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении

промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1 Кириллин В.А. Техническая термодинамика: Учебник. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: МЭИ, 2008. - 496 с. - ISBN 978-5-383-00263-6: 776-00.

8.1.2 Будник А.П. Теплообмен в авиационных конструкциях [Электронный ресурс]: Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (1,46 Мб). - Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. - 1 файл. - 30-00.

8.1.3 Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Термодинамика и теплопередача" для студентов специальности 24.05.07 "Самолето- и вертолетостроение" очной формы обучения / Каф. самолетостроения; Сост.: А. П. Будник, Н. В. Лосев. - Воронеж: ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 45 с. - 00-00; 24 экз.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- сеть Wi-Fi.;
- плакаты http://window.edu.ru/ - Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам";
- https://www.rsl.ru/ – Российская государственная библиотека;
- https://elibrary.ru/ - Электронная библиотека;
- http://www.avia.ru - Информационный портал о гражданской авиации ;
- http://www.favt.ru - Официальный сайт «Росавиации»;
- электронная информационно-образовательная среда ВГТУ.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

31/6 - Учебная аудитория. Специализированное помещение для проведения занятий, оснащенное доской, учебными столами (партами), стульями, стендами, макетами, плакатами, оборудованием для демонстрации наглядного материала: 394029 Воронеж ул. Циолковского 34/6. В учебной аудитории находится оборудование, стенды и наглядные пособия:

Наименование	Кол-во	Инв. номер	Наименование	Кол-во	Инв. номер	Наименование	Кол-во	Инв. номер
1. Мульт. проектор	1	47475	8. Макет кат. кресло	1	59398	15. Стенд кон. сам-та	1	59403
2. Компьютер	1	59296	9. Макет об. шпангоута	1	59399	16. Стенд гидр. обр.	1	59404
3. Экран	1	59409	10. Макет шпангоута	1	59399	17. Обр. из композита 2	1	59535
4. Образец из композита	1	59408	11. Макет пилона	1	59400	18. Сплит система	1	9288
5. Макет закрылка	1	59397	12. Макет рулевая кол	1	59401	19. Доска	1	---
6. Макет закрылка	1	59398	13. Стенд Ил-86	1	59402	20. Шкаф	1	---
7. Парта	15	---	14. Стол преподавателя	1	---	21. Стул	1	---

13/6 - Аудитория обработки резанием Специализированное помещение для проведения занятий, оснащенное доской, учебными столами (партами), стульями, стендами, макетами, плакатами, оборудованием для демонстрации наглядного материала. В учебной аудитории находится оборудование, стенды и наглядные пособия:

Наименование	Кол-во	Инв. номер	Наименование	Кол-во	Инв. номер	Наименование	Кол-во	Инв. номер
1. Интерактивный комплекс	1	411396	Макет винт механизм	1	59522	18. Стенд фрезы	1	59529
2. Компьютер	1	9298	Стенд прис. ток. обр.	1	59523	Стенд дет. приспос.	1	59531
Стенд	15	---	Стенд протяжки	1	59524	Стенд фрезы	1	59532
Макет двигатель	1	59539	Стенд заж.устр.	1	59527	21. Сплит система	1	59411
Макет редуктор	1	59520	Стенд заж. устр.	1	59528	Стенд инстр. об. отв.	1	59535
Макет винт. механизм	1	59521	Стенд зуб. инстр.	1	59528	23. Шкаф книжный	1	---
7. Парта	18	---	16. Стол преподавателя	1	---	Стенд инстр. обр. отв.	1	59536
Макет ножной пост	1	59522	Стенд резцы	1	59530	Стенд инстр. обр. рез.	1	59533
Стенд инстр. обр. рез.	1	59534						

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Термодинамика и теплопередача» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета термодинамических процессов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

11 Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП