

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Термодинамика
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: специалитет
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
(код и наименование направления)

Направленность: Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Приобретение студентом комплекса знаний о теоретических основах преобразования энергии, законах термодинамики, формирование умений и навыков термодинамического исследования рабочих процессов в авиационных и ракетных двигателях.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основные законы термодинамики, термодинамические процессы и циклы, свойства рабочих тел (газов и паров), основы расчета тепловых двигателей, энергетических установок и ракетных двигателей твердого топлива.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знает теорию, основные законы и методы термодинамического анализа явлений и процессов преобразования энергии: основные свойства и параметры состояния идеальных газов; основные виды термодинамических процессов и циклов.	Знает теорию, основные законы и методы в области естественнонаучных и инженерных дисциплин.	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умеет проводить термодинамические расчеты рабочих процессов, прямых и обратных циклов; определять основные свойства рабочих тел; проводить теплотехнические измерения, обрабатывать результаты измерений с применением компьютерной техники; осуществлять и обосновывать выбор средств математического анализа и моделирования и применять эти методы и для решения задач профессиональной деятельности.	Умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.	Индивидуальное задание
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеет навыками анализа процессов в авиационных двигателях и энергетических установках и их теоретического исследования.	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	Курсовая работа
ОПК-5	ИД-1ОПК-5	Знает основные закономерности термодинамических процессов в авиационных двигателях и энергетических установках и методы разработки физических и математических моделей исследования этих процессов.	Знает методы разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов профессиональной деятельности.	Дифференцированный зачет
ОПК-5	ИД-2ОПК-5	Умеет применять физико-математические методы моделирования и расчета термодинамических процессов; анализировать исследуемые процессы и явления и на основе анализа разрабатывать и применять физические и математические модели для решения поставленных задач.	Умеет разрабатывать и использовать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов для решения инженерных задач.	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-5	ИД-3ОПК-5	Владеет навыками проведения тепловых расчетов рабочих процессов в авиационных двигателях и энергетических установках и оптимизации этих процессов с применением современных методов исследования.	Владеет навыками решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической технике современными методами.	Курсовая работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	64	64	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	10	10	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	80	80	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Рабочее тело и его параметры.	4	2	2	8
Предмет и задачи курса термодинамики и ее метод. Исторические сведения о развитии термодинамики. Законы термодинамики. Термодинамическая система, окружающая среда и взаимодействие между ними. Термодинамическое равновесие и термодинамический процесс. Рабочее тело. Реальный газ и модель идеального газа. Основные параметры состояния. Законы идеального газа. Уравнения состояния для идеального и реального газов (Клапейрона и Ван-Дер-Ваальса). Тепловые свойства рабочих тел, газовая постоянная. Теплоемкость газов, ее виды и взаимосвязь между ними. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Истинная и средняя теплоемкости. Теплоемкость как функция процесса. Изохорная и изобарная теплоемкости, уравнение Майера. Внутренняя энергия и энтальпия газа. Смеси идеальных газов. Способы задания смеси газов, закон Дальтона. Определение плотности смеси, кажущейся относительной молярной массы и газовой постоянной. Теплоемкость смеси газов.				
Первый закон термодинамики.	4	4	2	10
Сущность и уравнение первого закона термодинамики. Слагаемые первого закона: внутренняя энергия, работа и теплота. Определение работы для газового потока и неподвижного газа. Математическая формулировка первого закона для газового потока и неподвижного газа, правило знаков. Равновесные термодинамические процессы и их графическое изображение в P-V диаграмме. Работа расширения-сжатия. Обратимые и необратимые процессы. Круговые термодинамические процессы (циклы). Первый закон термодинамики для цикла. Применение первого закона термодинамики для анализа политропных процессов. Уравнение политропы, показатель политропы, определение работы и теплоты. Теплоемкость процесса. Частные случаи политропного процесса: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. P-V диаграмма политропных процессов.				
Второй закон термодинамики.	4	2	2	10
Различные формулировки второго закона термодинамики. Прямые и обратные циклы и их эффективность. Идеальный термодинамический цикл Карно и его к.п.д. Теорема Карно. Абсолютная температура. Отрицательные				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
абсолютные температуры и их получение. Энтропия - мера беспорядка и мера качества энергии. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики. Эксергия и максимальная работа. Статистический характер второго закона термодинамики. Термодинамическая вероятность. Уравнение Больцмана. Фундаментальный характер второго закона термодинамики. Иллюстрация второго закона термодинамики на примерах. Тепловые диаграммы T-S и I-S. Изображение процессов на тепловых диаграммах.				
Компрессоры.	4	2	2	8
Классификация компрессоров и их применение. Рабочие процессы в одноступенчатом поршневом компрессоре и их изображение на индикаторной диаграмме. Работа идеального компрессора. Изображение процессов сжатия на термодинамических диаграммах. Реальный компрессор. Вредный объем и объемный к.п.д. компрессора. Многоступенчатое сжатие газа в компрессоре.				
Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.	2	0	2	8
Индикаторная диаграмма ДВС и переход к идеальному циклу. Цикл Тринклера. Параметры цикла и его термодинамическое исследование. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Определение параметров состояния рабочего тела, термического к.п.д. циклов. Сравнение циклов при различных условиях. Эффективный к.п.д.				
Циклы газотурбинных установок.	8	0	4	28
Схемы газотурбинных установок. Замкнутые и разомкнутые циклы. Циклы с изобарным (цикл Брайтона) и изохорным подводом теплоты. Определение параметров состояния рабочего тела. Расчет термического к.п.д. циклов. Анализ эффективности ГТУ. Оптимальная степень повышения давления для получения максимальной цикловой работы. Регенерация теплоты. Циклы с многоступенчатым подводом и отводом теплоты. Циклы ЖРД и твердотопливных ракетных двигателей.				
Циклы паросиловых установок.	4	0	2	6
Водяной пар. Основные параметры воды и водяного пара. Теплота парообразования. Диаграммы состояния водяного пара P - V, T - S, I - S. Таблицы водяного пара. Цикл Ренкина. Определение термического к.п.д. и работы цикла.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Регенеративный цикл ПСУ. Анализ эффективности циклов. Бинарные процессы и бинарные циклы. Схема установки и тепловая диаграмма цикла. Кратность рабочего тела. Определение термического к.п.д. цикла. Парогазовые установки (ПГУ). Изображение циклов ПГУ на тепловой диаграмме. Цикл МГД-генератора.				
Идеальные обратные циклы.	2	0	2	2
Цикл воздушной холодильной установки. Определение холодильного коэффициента. Цикл паровой компрессорной холодильной установки. Тепловой насос и его отопительный коэффициент.				
ИТОГО по 4-му семестру	32	10	18	80
ИТОГО по дисциплине	32	10	18	80

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение параметров состояния идеального газа. Расчет истинных и средних теплоемкостей газовых смесей.
2	Решение задач с применением первого закона термодинамики. Расчет политропных процессов.
3	Расчет изменения энтропии в термодинамических процессах.
4	Расчет рабочих процессов в одноступенчатом и многоступенчатом идеальных компрессорах. Изображение процессов сжатия на термодинамических диаграммах.
5	Термодинамические расчеты циклов двигателей внутреннего сгорания.
6	Термодинамические расчеты циклов паросиловых установок. Расчет комбинированных циклов.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение температурной зависимости теплоемкости жидкости.
2	Исследование политропных процессов.
3	Исследование работы компрессора.
4	Определение параметров влажного воздуха

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчёт и анализ идеальных циклов газотурбинных двигателей

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем; отработка у обучающихся навыков взаимодействия в составе коллектива; закрепление основ теоретических знаний.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие для вузов. 4-е изд., стер. Москва : Аз-book, 2008. 469 с.	286
2	Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие для вузов. 4-е изд., стер. Москва : Аз-book, 2009. 469 с.	171
3	Теплотехника : учебник для вузов / Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М., Нечаев С.Г. 5-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2005. 671 с.	4

4	Теплотехника : учебник для вузов / Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М., Нечаев С.Г. 5-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2006. 671 с.	3
5	Теплотехника : учебник для вузов / Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М., Нечаев С.Г. 7-е изд., испр. М. : Высш. шк., 2009. 671 с.	19
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Исаев С. И. Термодинамика : учебник. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 413 с.	33
2	Мухачев Г. А., Щукин В. К. Термодинамика и теплопередача : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. Москва : Высш. шк., 1991. 480 с.	247
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Литвин А. М. Техническая термодинамика : учебник / А. М. Литвин. - Москва Ленинград: Госэнергоиздат, 1963.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib7044	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Перегудов В. В. Теплотехника и теплотехническое оборудование : учебник для техникумов / В. В. Перегудов. - Москва: Стройиздат, 1990.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2724	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Теплотехника (курс общей теплотехники) : учебник для вузов / А. А. Щукин [и др.]. - Москва: Металлургия, 1973.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7043	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Вахрамеев Е. И., Галягин К. С., Ошивалов М. А., Савин М. А., Селянинов Ю. А. Теоретические основы теплотехники. Техническая термодинамика. – учебное пособие. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2021.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib8156	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Дыблин Б. С. Основы технической термодинамики и теплотехники : учебное пособие. Пермь : Изд-во БФ ПНИПУ, 2013.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3549	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ABINS.NET каф.СПМиТМ

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Персональный компьютер	5
Лабораторная работа	Лабораторное оборудование "Термодинамика и теплообмен"	12

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	5

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«ТЕРМОДИНАМИКА»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление:	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Направленность (профиль) образовательной программы:	1. 24.05.02.01 Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок 2. 24.05.02.04 Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Квалификация выпускника:	«Специалист»
Выпускающая кафедра:	1. «Авиационные двигатели» (АД) 2. «Ракетно-космическая техника и Энергетические системы» (РКТЭС)
Форма обучения:	Очная
Курс: 2	Семестр: 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Диф. зачёт: 4 семестр	Курсовая работа: 4 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Термодинамика» является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины (РПД). Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (4-го семестр базового учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине «Термодинамика» (табл.1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и итогового контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам, курсовой работы и дифференцированного зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	ОПЗ	ОЛР	РКР	Т		Диф.зачет
Усвоенные знания						
З.1 знать: теорию, основные законы и методы термодинамического анализа явлений и процессов преобразования энергии: основные свойства и параметры состояния идеальных газов; основные виды термодинамических процессов и циклов.	ОПЗ		РКР			ТВ
З.2 знать: основные закономерности термодинамических процессов в авиационных двигателях и энергетических установках и методы разработки физических и математических моделей исследования этих процессов.	ОПЗ		РКР			ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь проводить термодинамические расчеты рабочих процессов, прямых и обратных циклов;	ОПЗ	ОЛР		Т		ТВ

определять основные свойства рабочих тел; проводить теплотехнические измерения, обрабатывать результаты измерений с применением компьютерной техники; осуществлять и обосновывать выбор средств математического анализа и моделирования и применять эти методы и для решения задач профессиональной деятельности; применять физико-математические методы моделирования и расчета термодинамических процессов.						
У.2 уметь анализировать исследуемые процессы и явления и на основе анализа разрабатывать и применять физические и математические модели для решения поставленных задач.	ОПЗ	ОЛР		Т		ТВ
Приобретенные владения						
В.1 владеть: навыками анализа процессов в авиационных двигателях и энергетических установках и их теоретического исследования.	ОПЗ	ОЛР				ТВ
В.2 владеть: навыками проведения тепловых расчетов рабочих процессов в авиационных двигателях и энергетических установках и оптимизации этих процессов с применением современных методов исследования.	ОПЗ	ОЛР				

Примечание:

ОПЗ – выполнение практических заданий с подготовкой и защитой отчёта (оценка знаний, умений и владений);

РКР – рубежные контрольные работы (контроль знаний по теме);

ОЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой и защитой отчёта (оценка умений и владений);

Т – рубежное тестирование;

ТВ – теоретический вопрос.

КЗ – комплексное задание курсовой работы.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных

компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, выполнения расчётных (практических) заданий и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 4 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД. Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Выполнение расчётных (практических) заданий

Всего запланировано 7 тем расчётных (практических) заданий. Типовые темы заданий приведены в РПД. Защита расчётного задания проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.3. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (РКР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая РКР по модулю 1 «Основные законы термодинамики», вторая РКР – по модулю 2 «Расчет и анализ циклов тепловых двигателей».

Типовые задания первой РКР:

1. Определить основные термодинамические параметры газовой смеси в изобарном процессе расширения.

2. Термодинамический расчёт и анализ политропных процессов.

Типовые задания второй РКР:

1. Термодинамический расчет циклов тепловых двигателей (циклы ДВС, циклы ГТУ, циклы ПСУ и комбинированные циклы).

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.4. Защита курсовой работы

Типовые темы курсовой работы приведены в РПД. Защита выполненной работы проводится индивидуально каждым студентом.

Типовые вопросы и задания для защиты курсовой работы:

1. Изобразить схему ГТУ. На рабочей и тепловой диаграммах изобразить процессы в двигателе и прокомментировать их.

2. Как рассчитать теоретически необходимое количество воздуха для сжигания топлива?

3. Расчет теплоемкости рабочего тела.

4. Расчет параметров состояния в характерных точках цикла.

5. Расчет энергетических характеристик цикла.

По результатам защиты курсовой работы выставляется интегральная оценка по 4-х балльной шкале оценивания, которая распространяется на все запланированные образовательные результаты в форме знать, уметь, владеть, указанные в задании на курсовую работу.

Типовые критерии оценки по 4-х балльной шкале оценивания для курсовой работы:

- оценка *«отлично»* выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценку *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;

- оценку *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления

отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме курсовой работы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде дифференцированного зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных знаний.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Уравнение состояния для идеального газа. Различные формы его записи, газовая постоянная.
2. Сущность и уравнения первого закона термодинамики. Количество теплоты. Работа расширения-сжатия газа в термодинамическом процессе. Располагаемая работа.
3. Политропный процесс: понятие и определение процесса, уравнение политропы, теплоемкость процесса. Определение работы расширения газа, подводимой (отводимой) теплоты. Определение показателя политропы.
4. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера) и его КПД.
5. Цикл Ренкина для водяного пара и его расчет.

Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений:

1. Манометр парового котла показывает 8 бар. Как велико абсолютное давление пара в котле, если показания термометра в помещении 25°C , а плотность воздуха $1,25 \text{ кг/м}^3$.
2. Воздух с начальным давлением 100кПа и температурой 27°C сжимается адиабатически до $1/5$ первоначального объема. Определить давление и температуру в конце сжатия.
3. Компрессор всасывает воздух при давлении 1 бар и температуре 27°C и сжимает его изотермически до давления 8 бар. Определить техническую работу компрессора.

4. Воздуху в количестве $0,1 \text{ м}^3$ при $p_1 = 1 \text{ МПа}$ и $t_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ сообщается 125 кДж теплоты. Температура его при этом не изменяется. Определить конечное давление p_2 , конечный объем V_2 и работу L .

5. Изобразить в рабочей и тепловой диаграммах цикл, состоящий из нижеуказанных процессов, указать вид цикла, отвод и подвод теплоты.

1-2 изотерма; 2-3 $n = 0$; 3-4 адиабата; 4-1 $v = \text{const}$.

Перечень типовых заданий для проверки умений и владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта билетов хранится на выпускающей кафедре.*

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время дифференцированного зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче дифференцированного зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

Оценка «пять» ставится, если обучающийся правильно отвечает на все теоретические вопросы билета, и приводит верное и аргументированное решение практического задания (задачи).

Оценка «четыре» ставится, если обучающийся верно понимает суть вопросов билета, но допускает незначительные неточности при ответе на теоретические вопросы или при выполнении практического задания.

Оценка «три» ставится, если обучающийся ориентируется в сущности поставленных вопросов и заданий, но нуждается в наводящих вопросах, а также допускает ошибки в решении задачи.

Оценка «два» ставится, если обучающийся не ориентируется и не понимает поставленных заданий, не может ответить на теоретические вопросы билета, а также не справляется или допускает грубые ошибки в решении практического задания.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы специалитета.

Приложение 1.

Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения по дисциплине

Вопросы для контроля знаний:

1. Что является основными параметрами состояния термодинамической системы?
2. Какой вид имеет уравнение состояния идеального газа?
3. Что такое термодинамический процесс и термодинамический цикл?
4. Какова формулировка первого закона термодинамики?
5. Какова формулировка второго закона термодинамики?
6. Что такое цикл Карно, и для чего он используется?
7. В чем заключается преимущество регенерационных циклов перед обычными (на примере цикла Ренкина)?
8. В чём различие между обратимыми и необратимыми циклами?
9. Сформулируйте принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики.
10. В чём заключается аналогия между тепловой и рабочей диаграммами?
11. Каков статистический смысл второго закона термодинамики?
12. Перечислите основные типы компрессоров и назовите их основные характеристики.
13. Сформулируйте порядок термодинамического расчёта многоступенчатого идеального компрессора.
14. Сформулируйте порядок термодинамического расчёта цикла двигателя внутреннего сгорания.
15. Сформулируйте порядок термодинамического расчёта цикла газотурбинного двигателя.

Задания для контроля умений:

1. Температура воздуха в аудитории 22 град.С, атмосферное давление 99.5 кПа. Определить плотность воздуха.
2. Определить удельный объем СН₄, находящегося при температуре 0 град. С и давлении 3МПа.
3. Определить температуру воздуха после политропного расширения с показателем политропы $n = 1.15$ до давления 100 кПа, если начальное давление равняется 200 кПа, а начальный удельный объем 0.0865 м³/кг.
4. Запишите первый закон термодинамики для изобарного процесса.
5. Определите цикловую работу одноступенчатого поршневого компрессора ($n = 1.3$), имеющего степень повышения давления 5. Начальное давление 95 кПа при температуре 300 К.
6. Определить подведенную и отведенную теплоту, а также термодинамический КПД цикла Отто при степени сжатия 8, степени повышения давления 5, начальном давлении 100 000 Па и начальной температуре 273 К. Рабочее тело – воздух.
7. Определить подведенную и отведенную теплоту, а также термодинамический КПД цикла Дизеля при степени сжатия 8, степени предварительного расширения 2.6, начальном давлении 90 000 Па и начальной температуре 30 град.С. Рабочее тело – воздух.
8. Определить подведенную и отведенную теплоту, а также термодинамический КПД цикла Тринклера при степени сжатия 8, степени повышения давления 4, степени предварительного расширения 1.5, начальном давлении 110 кПа и начальном удельном объеме 0.88 м³/кг. Рабочее тело – воздух.
9. Определить показатель политропы в процессе расширения от давления 150 кПа до давления 100 кПа, если после расширения емкость была закрыта, и оставшийся воздух, нагревшись, достиг давления в 105 кПа.
10. Определить начальное давление воздуха после политропного расширения с показателем политропы $n = 1.4$ до давления 100 кПа, если температура после расширения упала до -20 град. С. Начальная температура 300 К.
11. Температура воздуха в резервуаре 24 град.С, давление 300500 Па. Определить удельный объем воздуха и его массу, если геометрический объем резервуара 860 л.
12. Вычислить термический к.п.д. заданного прямого цикла .
13. Рассчитать и представить графически изменение внутренней энергии и энтальпии воздуха в заданном процессе сжатия.
14. Компрессор всасывает 600 м³/ч воздуха при давлении 1 бар и $t = 20^{\circ}\text{C}$ и сжимает его до давления 5 бар. Определить теоретическую мощность на привод компрессора при политропном сжатии ($n = 1,25$).
15. Вывести формулу для расчёта количества ступеней компрессора Z по известным: начальной температуре T_1 , степени повышения давления π_{Σ} , показателю политропы сжатия n и предельной величине разогрева газа ΔT .

16. Рассчитать значение показателя политропы сжатия в компрессоре, если нач. температура равна 20 °С, нач. давление 1 атм, температура разогрева газа равна 75 К, $\kappa = 7,5$.

Задания для контроля владений:

1. Определить подведенную теплоту в процессе, если изменение внутренней энергии 105 кДж, а работа расширения 200 кДж.
2. Определить энтальпию в процессе, если изменение температуры равно 40 градусов, политропная теплоемкость -1150 Дж/кг/К, а располагаемая работа - 78 Дж/кг.
3. Определить термодинамический КПД, если подведенная теплота 132 кДж, а отведенная теплота 95 кДж.
4. Определить подведенную теплоту, если термодинамический КПД 63%, а в цикле отводится 1225 Дж теплоты.
5. Построить обобщенную рабочую диаграмму цикла Карно.
6. Построить обобщенную тепловую диаграмму цикла Дизеля.
7. Определить удельную газовую постоянную кислорода (O₂).
8. Показатель политропы расширения $n = 1.23$, атмосферное давление 99500 Па, избыточное давление после изохорного расширения 120 мм. вод. ст. Определить начальное избыточное давление в условиях лабораторной работы.
9. Цикловая работа некоторого ДВС 1350 кДж, подведенная теплота 2000 кДж. Определить термодинамический КПД.
10. Насколько работа поршневого двухступенчатого компрессора меньше работы эквивалентного одноступенчатого компрессора при степени повышения давления 10, показателе политропы сжатия 1.1. Допустимое повышение температуры в процессе сжатия в двухступенчатом компрессоре 200 град. С. Рабочее тело – воздух. Начальное давление 100 кПа, температура 20 град. С.
11. Определить располагаемую работу некоторого политропного процесса с $n = 1.3$, если работа расширения равна 1.5 МДж.
12. Какова температура воздуха в помещении при проведении замеров, если давление равно 101 кПа, а удельный объем 500 м³/кг.
13. При проведении эксперимента получены следующие данные: политропа сжатия 1.115, начальное давление 99 кПа, начальная температура 27 град. С, конечное давление 400 кПа. Определить конечную температуру. Какова будет температура, если сжатие совершить адиабатно?
14. Чему равен термодинамический КПД, если подведенная теплота 2050 кДж, а отведенная теплота 950 кДж.
15. Чему равна удельная газовая постоянная диоксида углерода (CO₂).
16. Как изменится плотность азота (N₂), если его изобарно нагреть на 20 градусов?