МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники и электроники
_____Небольсин В.А.
«17» января 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Техническая термодинамика»

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль Технологические системы жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2025

Автор программы _____К.Г. Королев

Заведующий кафедрой
Твердотельной электроники _____В.А. Небольсин

Руководитель ОПОП _____О.В. Калядин

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование знаний и умения в области технической термодинамики

1.2. Задачи освоения дисциплины

изучить способы передачи и преобразования энергии в технических системах; термодинамические циклы поршневых двигателей, газотурбинных установок, паросиловых установок, холодильных машин и тепловых насосов; основные теплофизические свойства веществ; диаграммы термодинамических процессов; теплофизические свойства веществ

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Техническая термодинамика» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Компетенция	**Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции**
ОПК-1	*Знать основные принципы термодинамики и процессы преобразования энергии*
	Уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
	Владеть способностью использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Техническая термодинамика» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36

Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	63	63
Часы на контроль	45	45
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.	СРС	Всего, час
1	*Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания*	*Цикл с изохорным подводом теплоты (цикл Отто). Цикл с изобарным подводом теплоты (цикл Дизеля). Сравнение эффективности циклов*	6	6	10	22
2	*Циклы газотурбинных установок*	*Схема и цикл с изобарным подводом теплоты. Термический КПД цикла Брайтона. Регенеративный цикл ГТУ. Эффективность реальных циклов.*	6	6	10	22
3	*Термодинамика реальных рабочих тел*	*Уравнения состояния реальных газов. Изменение агрегатного состояния вещества. Диаграммы и таблицы состояний.*	6	6	10	22
4	*Циклы паросиловых установок*	*Паровой цикл Карно. Цикл Ренкина.*	6	6	10	22
5	*Циклы холодильных машин и тепловых насосов*	*Обратный цикл Карно. Цикл парокомпрессионной холодильной машины с перегревом пара и дросселированием. Цикл теплового насоса.*	6	6	12	24
6	*Влажный воздух*	*Основные понятия и определения влажного воздуха. H-d-диаграмма влажного воздуха*	6	6	11	23
		Итого	**36**	**36**	**63**	**135**

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован

	сформированность компетенции			
ОПК-1	*Знать основные принципы термодинамики и процессы преобразования энергии*	*50% успеваемости*	*Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах*	*Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах*
	Уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	*50% успеваемости*	*Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах*	*Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах*
	Владеть способностью использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	*50% успеваемости*	*Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах*	*Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах*

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	*Знать основные принципы термодинамики и процессы преобразования энергии*	*Тест*	*Выполнение теста на 90-100%*	*Выполнение теста на 80-90%*	*Выполнение теста на 70-80%*	*В тесте менее 70% правильных ответов*
	Уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	*Решение стандартных практических задач*	*Выполнение теста на 90-100%*	*Выполнение теста на 80-90%*	*Выполнение теста на 70-80%*	*В тесте менее 70% правильных ответов*
	Владеть способностью использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	*Решение прикладных задач в конкретной предметной области*	*Выполнение теста на 90-100%*	*Выполнение теста на 80-90%*	*Выполнение теста на 70-80%*	*В тесте менее 70% правильных ответов*

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контроль-

ные 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) *Как называется состояние термодинамической системы, в котором отсутствуют всякие потоки (энергии, вещества, импульса и т.д.), а макроскопические параметры системы являются установившимися и не изменяются во времени?*
   i) *равновесное состояние*
   ii) *неравновесное состояние*
   iii) *термодинамическое состояние*
   iv) *динамическое состояние*
2) *Что представляет собой сумма кинетической энергии движения всех тел, входящих в систему, потенциальной энергии взаимодействия их между собой и с внешними телами и энергии, содержащейся внутри тел системы?*
   i) *полную энергию термодинамической системы*
   ii) *внутреннюю энергию термодинамической системы*
   iii) *внутримолекулярную энергию термодинамической системы*
   iv) *внутриядерную энергию термодинамической системы*
3) *Основная реперная точка термодинамической шкалы температур является:*
   i) *тройная точка воды (273,16 К при давлении 609 Па)*
   ii) *точка таяния льда (273,16 К при давлении 101,3 кПа)*
   iii) *точка кипения воды (373,16 К при давлении 101,3 кПа)*
   iv) *точка таяния льда (273,16 К при давлении 101,3 кПа)*
4) *Работа А, совершенная адиабатически изолированной системой при переходе из первого состояния с внутренней энергией U1 во второе состояние с внутренней энергией U2, равна:*
   i) *U1 – U2*
   ii) *U1 + U2*
   iii) *A – U1*
   iv) *A – U2*
5) *Количество теплоты (Q), подводимое к системе, идет на изменение ее внутренней энергии (ΔU) и на совершение этой системой работы (A) над внешними телами:*
   i) *первое начало термодинамики*
   ii) *второе начало термодинамики*
   iii) *третье начало термодинамики*
   iv) *четвертое начало термодинамики*
6) *Q = ΔU + A:*
   i) *первое начало термодинамики*
   ii) *второе начало термодинамики*
   iii) *третье начало термодинамики*
   iv) *четвертое начало термодинамики*
7) *F(P,V,T) = 0:*

i) *уравнение состояния газа в общем виде*
ii) *уравнение Клайперона-Менделеева*
iii) *уравнение Бойля-Мариотта*
iv) *уравнение Гей-Люссака*

8) *P*V = ν*R*T*
   i) *уравнение Клайперона-Менделеева*
   ii) *уравнение состояния газа в общем виде*
   iii) *закон Бойля-Мариотта*
   iv) *закон Гей-Люссака*
   v) *закон Шарля*

9) *Универсальная газовая постоянная:*
   i) *8,31 Дж/(моль*К)*
   ii) *1,66E-27 кг*
   iii) *6,022E23 1/моль*
   iv) *1,38E-23 Дж/К*

10) *Атомная единица массы:*
   i) *8,31 Дж/(моль*К)*
   ii) *1,66E-27 кг*
   iii) *6,022E23 1/моль*
   iv) *1,38E-23 Дж/К*

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1) *Сколько степеней свободы имеет молекула одноатомного газа?*
2) *Сколько степеней свободы имеет молекула двухатомного газа?*
3) *Сколько степеней свободы имеет молекула трехатомного газа?*
4) *Кинетическая энергия одной молекулы одноатомного газа:*
   i) *1,5*k*T*
   ii) *2,5*k*T*
   iii) *3*k*T*
   iv) *0,5*k*T*
5) *Кинетическая энергия одной молекулы двухатомного газа:*
   i) *1,5*k*T*
   ii) *2,5*k*T*
   iii) *3*k*T*
   iv) *0,5*k*T*
6) *Кинетическая энергия одной молекулы трехатомного газа:*
   i) *1,5*k*T*
   ii) *2,5*k*T*
   iii) *3*k*T*
   iv) *0,5*k*T*
7) *Молярная теплоемкость одноатомного газа при постоянном объеме:*
   i) *1,5*R*
   ii) *2,5*R*
   iii) *3*R*
   iv) *0,5*R*
8) *Молярная теплоемкость двухатомного газа при постоянном объеме:*

i) *1,5*R*
ii) *2,5*R*
iii) *3*R*
iv) *0,5*R*

9) *Молярная теплоемкость трехатомного газа при постоянном объеме:*
   i) *1,5*R*
   ii) *2,5*R*
   iii) *3*R*
   iv) *0,5*R*

10) *Молярная теплоемкость одноатомного газа при постоянном давлении:*
   i) *2,5*R*
   ii) *3,5*R*
   iii) *4*R*
   iv) *2*R*

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1) *Молярная теплоемкость двухатомного газа при постоянном давлении:*
   i) *2,5*R*
   ii) *3,5*R*
   iii) *4*R*
   iv) *2*R*
2) *Молярная теплоемкость трехатомного газа при постоянном давлении:*
   i) *2,5*R*
   ii) *3,5*R*
   iii) *4*R*
   iv) *2*R*
3) *Показатель адиабаты одноатомного газа:*
   i) *5/3*
   ii) *7/5*
   iii) *8/3*
   iv) *1,0*
4) *Показатель адиабаты двухатомного газа:*
   i) *5/3*
   ii) *7/5*
   iii) *8/3*
   iv) *2,0*
5) *Показатель адиабаты трехатомного газа:*
   i) *5/3*
   ii) *7/5*
   iii) *8/3*
   iv) *3,0*
6) *Чему равен показатель политропы в изотермическом процессе?*
7) *Чему равен показатель политропы в изобарном процессе?*
8) *Как называется процесс при постоянной температуре?*
   i) *изотермический*
   ii) *изобарный*

iii) адиабатный
iv) изоэнтальпный

9) *Как называется процесс при постоянном давлении?*
i) изотермический
ii) изобарный
iii) адиабатный
iv) изоэнтальпный

10) *Как называется процесс при постоянной энтропии?*
i) изотермический
ii) изобарный
iii) адиабатный
iv) изоэнтальпный

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Цикл с изохорным подводом теплоты (цикл Отто). Цикл с изобарным подводом теплоты (цикл Дизеля). Сравнение эффективности циклов ДВС. Схема и цикл с изобарным подводом теплоты. Термический КПД цикла Брайтона. Регенеративный цикл ГТУ. Эффективность реальных циклов. Уравнения состояния реальных газов. Изменение агрегатного состояния вещества. Диаграммы и таблицы состояний. Паровой цикл Карно. Цикл Ренкина. Обратный цикл Карно. Цикл парокомпрессионной холодильной машины с перегревом пара и дросселированием. Цикл теплового насоса. Основные понятия и определения влажного воздуха. H-d-диаграмма влажного воздуха.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 14 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 14 до 16 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 18 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 18 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	*Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания*	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
2	*Циклы газотурбинных установок*	ОПК-1	Тест, контрольная работа,

			защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
3	*Термодинамика реальных рабочих тел*	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
4	*Циклы паросиловых установок*	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
5	*Циклы холодильных машин и тепловых насосов*	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
6	*Влажный воздух*	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….

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

Тестирование, решение стандартных и прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 20 мин. Затем осуществляется проверка теста 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

1. Кузнецов, Геннадий Гарибальдиевич. Техническая термодинамика и основы теплообмена. - М. : [б. и.], 1999. - 104 с. : ил. - (Серия книг специалиста по автоматизации производства). - ISBN 5-283-01665-2 : 50-00.

2. Сборник задач по технической термодинамике [Текст] : учебное пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во Моск. энергетич. ин-та, 2000. - 351 с. - ISBN 5-7046-0436-6 : 105-00.

3. Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика : Учеб. пособие для втузов. - М. : Высш. шк., 2000. - 260 с. - Список лит. в конце кн. - ISBN 5-06-003712-6 : 33-00.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая пе-

речень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- *REFPROP*
- *CoolProp*
- *Mathcad 15*

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой, персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет

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

По дисциплине «Техническая термодинамика» читаются лекции, проводятся практические занятия.

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 *в области технической термодинамики*. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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.
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.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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