

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

План одобрен
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол № 25.8 от 25.08.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая термодинамика

Название дисциплины

для студентов специальности

14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

Код и название специальности

специализации

Ядерные реакторы

название специализации

Форма обучения: очная

г. Обнинск

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- Знание законов термодинамики;
- Изучение основных термодинамических процессов;
- Методов анализа эффективности циклов теплосиловых установок
- Являются установление законов превращения энергии, главным образом теплоты, в работу;
- Изучение процессов, посредством которых происходят эти превращения;
- Изменение физического состояния рабочего тела.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП)

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к естественнонаучному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Аварийные и переходные процессы в ядерных энергетических установках».

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-2	Способен к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов	З-ПК-2 Знать методы исследования и расчета процессов, происходящих в реакторных установках У-ПК-2 Уметь рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в реакторных установках В-ПК-2 Владеть навыками применения информационных технологий при разработке новых установок, материалов и приборов

ПК-3	Способен использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплообмена в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения	3-ПК-3 Знать основные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплообмена У-ПК-3 Уметь применять основные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплообмена практической деятельности и исследовательской работе В-ПК-3 Владеть навыками анализа, синтеза и нахождения закономерностей при обработке экспериментальных данных
------	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	- формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное и трудовое воспитание	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач; - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.)

		посредством выполнения совместных проектов. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономические и правовые основы медицинской деятельности», «Экономические и правовые основы профессиональной деятельности», «Управление, организация и планирование производства» и др. для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение
	- формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (B15)	Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для: - формирования устойчивого интереса и мотивации к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)	
	Очная	Заочная
	Семестр	Курс
	№ 5	№
	Количество часов на вид работы:	
Контактная работа обучающихся с преподавателем		
Аудиторные занятия (всего)	48	
В том числе:		
<i>Лекции</i>	32	
<i>практические занятия</i>	16	
<i>лабораторные занятия</i>	16	
Промежуточная аттестация		
В том числе:		
<i>зачет</i>	+	
Самостоятельная работа обучающихся	44	
Всего (часы):	108	

Всего (зачетные единицы):	3	
----------------------------------	----------	--

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах				
		Очная форма обучения				
		Лек	Сем/Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Введение	2	1	2		6
2.	Первый и второй законы термодинамики	4	2	-		6
3.	Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы	2	2	2		6
4.	Термодинамические свойства веществ	2	1	2		7
5.	Основные термодинамические процессы	4	2	3		7
6.	Процессы течения газов и жидкостей	2	2	5		3
7.	Общие методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок	2	1	-		3
8.	Теплосиловые газовые циклы	2	1	2		3
9.	Теплосиловые паровые циклы	12	4	-		3
	Всего:	32	16	16		44

Прим.: Лек – лекции, Сем/Пр – семинары, практические занятия, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся, Внеауд – внеаудиторная работа.

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Введение	Термодинамика и ее метод. Параметры состояния. Понятие о термодинамическом процессе. Идеальный газ и его законы. Понятия о смесях и о теплоемкости. Смеси идеальных газов.
2.	Первый и второй законы термодинамики	Теплота. Опыт Джоуля. Эквивалентность теплоты и работы. Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия и внешняя работа. Уравнение первого закона термодинамики. Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Цикл, понятие термического к.п.д., источники тепла. Обратимые и необратимые процессы. Формулировки второго закона

		термодинамики. Цикл Карно, теорема Карно. Энтропия, изменение энтропии в необратимых процессах. Объединенные уравнения первого и второго законов термодинамики. Обратимость и производство работы.
3.	Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы	Гомогенные и гетерогенные термодинамические системы. Термодинамическое равновесие. Условия устойчивости и равновесия в изолированной однородной системе. Условия фазового равновесия и фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и устойчивость фаз.
4.	Термодинамические свойства веществ	Термические и калорические свойства газов и жидкостей. Опыты Эндрюса, критическая точка. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов, двухфазные системы.
5.	Основные термодинамические процессы	Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы. Дросселирование. Адиабатное расширение реального газа в вакуум (процесс Джоуля). Процессы сжатия в компрессоре.
6.	Процессы течения газов и жидкостей	Основные уравнения процессов течения. Скорость звука, переход через скорость звука. Истечение из суживающихся сопел, сопло Лаваля. Адиабатное течение с трением. Температура адиабатного торможения.
7.	Общие методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок	Методы анализа эффективности циклов. Энтропийный метод расчета потерь работоспособности в необратимых циклах. Эксергетический метод расчета потерь работоспособности.
8.	Теплосиловые газовые циклы	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей
9.	Теплосиловые паровые циклы	Циклы Карно и Ренкина. Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл. Бинарный цикл. Теплофикационные циклы

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Введение	Параметры состояния. Идеальные газы, уравнения состояния идеальных газов, их теплоемкости. Смеси идеальных газов.
2.	Законы термодинамики	Первый закон термодинамики. Правило знаков. Функции процессов и состояния. Теплота, работа расширения, внутренняя энергия, энтальпия. Уравнение теплового баланса. Второй закон термодинамики. Энтропия вещества. Процессы, циклы. Цикл Карно. Максимально полезная работа (работоспособность) или эксергия рабочего тела. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики.
3.	Реальные вещества	Вода и водяной пар. Равновесная парожидкостная смесь. Уравнения состояния рабочего вещества, массовое паросодержание смеси (степень сухости). Диаграммы: h-s, T-s, p-v воды и водяного пара.

4.	Тепловые машины	Циклы газотурбинных установок. Теплосиловые паровые циклы. Циклы Карно, Ренкина. Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл. Теплофикационные циклы. Бинарные циклы.
----	------------------------	---

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Введение	Определение изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении. Работа №1
2.	Законы термодинамики	Исследование зависимости между термическими параметрами углекислого газа. Работа №3 Изучение политропных процессов в газах. Работа №7
3.	Реальные вещества	Изохорное нагревание воды и водяного пара. Работа №4 Исследование процессов во влажном воздухе. Работа №5 Определение показателя политропы при различных процессах сжатия. Работа №8

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. презентации курса;
2. раздаточный материал справочных таблиц;
3. электронный курс «Основы технической термодинамики» В.И.Белозеров, находящийся в свободном доступе в локальной сети ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2006
4. В.И.Белозеров, Ю.А.Кузина лабораторный практикум по курсу «Техническая термодинамика» Обнинск, ИАТЭ, 2005, 60с.
5. В.И.Белозеров, А.Н.Яркин, Ю.А.Кузина. Сборник задач по курсу «Техническая термодинамика.- Обнинск, ИАТЭ, 2012, 92с.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущий контроль			
1.	Общие характеристики параметров состояния процессов. Идеальный газ и его законы.	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Домашнее задание, коллоквиум, лабораторная работа № 1.
2.	Первый и второй законы термодинамики	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Домашнее задание, коллоквиум
3.	Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Домашнее задание, коллоквиум, лабораторная работа № 4, лабораторная работа № 3

4.	Основные термодинамические процессы	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Домашнее задание, коллоквиум, лабораторная работа № 7, лабораторная работа №8
5.	Методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Домашнее задание
6.	Теплосиловые паровые циклы	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Домашнее задание, индивидуальное домашнее задание
7	Исследование процессов во влажном воздухе	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Лабораторная работа № 5
Промежуточный контроль			
	Зачет	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2 З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Вопросы к зачету

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

8.2.1. Зачет

а) типовые вопросы:

1. Идеальный газ. Законы идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
2. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Связь коэффициентов «а» и «в» с критическими параметрами.
3. Цикл паросиловой установки с промежуточным перегревом пара.
4. Адиабатическое течение с трением.
5. Дросселирование. Температура инверсии.
6. Циклы. Понятие термического к.п.д.
7. Внутренняя энергия и энтальпия.
8. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Опыты Гей-Люссака и Джоуля.
9. Цикл двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном давлении. Смешанный цикл.
10. Цикл Карно. Теорема Карно. Обратный цикл Карно, Паросиловой цикл Карно.
11. Теплофикационные и бинарные циклы паросиловых установок.
12. Переход через скорость звука. Сопло Лаваля.
13. Изохорный, изобарный, изотермический процессы.
14. Цикл двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном объеме.
15. Адиабатный, политропный процессы.
16. Уравнение первого закона термодинамики для движущегося потока.
17. Цикл паросиловой установки с регенерацией тепла.
18. Формулировка второго закона термодинамики. Энтропия. Энтропийные диаграммы. Циклы в T-s и h-s диаграммах.
19. Сжатие газов в компрессоре.
20. Уравнение Майера.
21. Способы повышения к.п.д. паросиловых установок.
22. Влажный воздух. Основные понятия. h-d диаграмма.
23. Второй закон термодинамики для необратимых процессов. Энтропия вещества.
24. Условия устойчивости и равновесия в изолированной однородной системе.
25. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
26. Опыты Эндрюса. Критическая точка.
27. Уравнения состояния реальных веществ. Диаграммы состояния и таблицы.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который :

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов билета;
- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

8-14 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- Сделал все, что требуется для получения оценки «отлично», однако при этом допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов
- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач;
- выполнил одну из двух задач в индивидуальной работе.

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не умеет решать задачи и не может разобраться в конкретной ситуации;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная сумма баллов семестровой аттестации (зачета) – 40 баллов.

В билет по зачету входит 2 вопроса и задача:

1. на оценку умения анализировать термодинамические (технические) процессы и алгоритмы расчета с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы (ПК-11) Максимальная сумма баллов -20 баллов
2. на оценку умения проводить термодинамические расчеты оборудования ЯЭУ в стационарных и нестационарных режимах работы (ПК-13). Максимальная сумма баллов -20 баллов

8.2.2. Коллоквиум

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Параметры состояния, понятие об интенсивных и экстенсивных величинах.
2. Понятие о термодинамическом процессе, равновесные и неравновесные процессы. Термодинамические системы: изолированные, закрытые, открытые.
3. Идеальный газ, законы идеального газа.
4. Понятие о чистых веществах и смесях. Определение состава смеси.
5. Смеси идеальных газов. Объемные и массовые доли смеси. Закон Дальтона.
6. Кажущаяся молекулярная масса смеси и ее газовая постоянная.
7. Понятие о теплоемкости, средняя и истинная теплоемкость. Массовая, мольная и объемная теплоемкости, их связи. Зависимость теплоемкости от процесса.
8. Теплота, опыты Джоуля. Эквивалентность теплоты и работы.
9. Закон сохранения и превращения энергии, внутренняя энергия и внешняя работа, опыты Гей-Люссака-Джоуля.
10. Энтальпия, уравнение Майера.
11. Уравнение первого закона термодинамики для потока.

Примеры билетов к коллоквиуму

Вариант 1

1. Теплота. Опыты Джоуля. Эквивалентность теплоты и работы.
2. Цикл Карно. Теорема Карно.
3. В процессе политропного сжатия 3 кг. двуокиси углерода к нему подводится 320 кДж

тепла и затрачивается 450 кДж работы. Определить показатель политропы, изменение внутренней энергии и конечные параметры газа, если $t_1=127^\circ \text{C}$, а $P_1= 0,1 \text{ МПа}$. Изобразить процесс в P-v и T-S - диаграммах.

Вариант 2

1. Идеальный газ. Законы идеального газа. Уравнение Клапейрона - Менделеева.
2. Первый закон термодинамики для движущего потока.
3. 1 кг. CO_2 расширяется при постоянной температуре $t=100^\circ \text{C}$. При этом удельный объём газа увеличивается с $v_1=0.5 \text{ м}^3/\text{кг}$ до $v_2= 2.5 \text{ м}^3/\text{кг}$. Определить работу расширения по формуле $l=\int_{v_1}^{v_2} p dv$, если принять что CO_2 подчиняется уравнению состояния Ван-дер-Ваальса $(p + \frac{a}{v^2}) * (v - b) = RT$; $a=191 \text{ Н*м}^4/\text{кг}^2$, $b=0,984*10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$. Определить работу если считать CO_2 идеальным газом.

Критерии оценки:

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

Описание шкалы оценивания

6 баллов ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

5 баллов ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

4 балла ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

3 балла и ниже ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

8.2.3. Индивидуальное домашнее задание

а) типовые задания:

1. задания предлагаются из Методических указаний по организации самостоятельной работы по дисциплине «Техническая термодинамика», утвержденные кафедрой теплофизика, протокол №94 от 30 июня 2014г.

Пример индивидуального домашнего задания

Вариант 1

1. 1 кг пара при давлении $P_1 = 7.4$ бар и температуре $t = 200^\circ\text{C}$ сжимают изотермически до конечного объема $v_2 = 0,14 \text{ м}^3/\text{кг}$. Определить конечные параметры и количество теплоты, участвующей в процессе. Изобразить процесс на любой диаграмме.
2. Избыточное давление водорода, находящегося в баллоне емкостью 40 л, в результате нагревания баллона повысилось с 140,3 бар до 15,2 МПа. Определить количество теплоты, полученное водородом, и изменение его температуры, внутренней энергии и энтальпии, если начальная температура 17°C , теплоемкость $C_p = 14,05 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$. Барометрическое давление составляет 743 мм рт. ст.
3. Воздух в количестве 20 кг при температуре 20°C изотермически сжимается до тех пор, пока его давление не становится равным 3,65 МПа. На сжатие затрачивается работа $L = -7,5 \text{ МДж}$. Найти начальное давление и объем, конечный объем и теплоту, отведенную от воздуха.
4. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина при следующих параметрах пара на входе в турбину: $p_1 = 35$ бар и $t_1 = 435^\circ\text{C}$; давление в конденсаторе $p_2 = 0,04$ бар. Определить термический к.п.д. цикла с учетом и без учета работы насоса. Изобразить цикл на (p-v), (h-s) и (T-s) – диаграммах.

Вариант 2

1. Рассматривается изобарный процесс изменения состояния воды и водяного пара. Определить начальные и конечные параметры процесса, количество теплоты, работу, изменение внутренней энергии и энтальпии, если заданы два параметра в начале процесса и один параметр – в конце процесса: $t_1 = 450^\circ\text{C}$, $h_1 = 336 \text{ кДж/кг}$, $x_2 = 1$. Изобразить процесс на любой диаграмме.
2. В закрытом сосуде объемом $0,8 \text{ м}^3$ находится двуокись углерода (CO_2) при $p_1 = 2,2$ МПа и $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Газу сообщается $Q_v = 4600 \text{ кДж}$ теплоты. Определить температуру и давление CO_2 в конце процесса.
3. В регенеративном подогревателе газовой турбины воздух нагревается при постоянном давлении от $t_1 = 130^\circ\text{C}$ до $t_2 = 500^\circ\text{C}$. Определить количество теплоты, сообщенное воздуху в единицу времени, если расход его составляет 250 кг/ч. Ответ дать в киловаттах и в кДж/с.
4. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с начальными параметрами: $p_1 = 70$ бар и $t_1 = 470^\circ\text{C}$; давление в конденсаторе $p_2 = 30 \text{ гПа}$. Определить термический к.п.д. цикла с учетом работы насоса. Изобразить цикл на p-v, h-s, T-s – диаграммах.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Задача 1 оценивается в 4 балла, если правильно написаны формулы, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 4 балла, если правильно написаны формулы, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задачи 3,4 оцениваются в 5 баллов каждая, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Индивидуальное домашнее задание оценивает навыки овладения практическими знания проведения термодинамических расчетов тепловых двигателей в стационарных и нестационарных режимах работы (ПК-15).

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная сумма баллов за индивидуальное домашнее задание – 18 баллов.

Если студент набрал за домашнее задание меньше 12 баллов и если отсутствовал по неуважительной причине во время раздачи домашних заданий, то студент имеет

возможность получить её с понижающим коэффициентом 0,8. То есть максимальное количество набранных баллов 16.

При отсутствии по уважительной причине понижающий коэффициент не вводится

8.2.4. Домашние задания

а) типовые задания:

задания предлагаются из Сборника задач по курсу «Техническая термодинамика» авторы Белозеров В.И., Яркин А.Н., Кузина Ю.А.-Обнинск, ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2012 -92с.

б) критерии оценивания:

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- правильность и полнота выполнения

в) описание шкалы оценивания домашнего задания:

Одно домашнее задание оценивается в 2 балла. В течение семестра студенты выполняют 8 домашних заданий.

2 балла – домашнее задание выполнено полностью и в срок

1 балла – домашнее задание выполнено с небольшими замечаниями

0 баллов – домашнее задание не выполнено

8.2.5. Лабораторная работа

а) типовые задания (вопросы) - образец:

приводятся в ...лабораторном практикуме по курсу «Техническая термодинамика» авторы Белозеров В.И., Кузина Ю.А.- ИАТЭ, Обнинск, 2005, 60с.

б) - уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;

- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;

- правильность и полнота выполнения

в) описание шкалы оценивания лабораторных работ:

2 балла – лабораторная работа выполнена в срок, представлен полный отчет, студент свободно владеет теоретическим материалом по теме лабораторной работы, отвечает на вопросы

1 балл – лабораторная работа выполнена не в срок, представлен не полный отчет, студент слабо ориентируется в теоретическом материале, частично отвечает на вопросы

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	13	20
	Коллоквиум	4	6
	лабораторная работа № 1	1	2
	лабораторная работа № 3	1	2
	лабораторная работа № 7	1	2
	Домашние задания	6	8
	Контрольная точка № 2	23	40
	лабораторная работа № 4	1	2
	лабораторная работа № 5	1	2
	лабораторная работа № 8	1	2
	Домашние задания	8	16
	Индивидуальное домашнее задание	12	18
Промежуточный	Зачет	24	40
	Вопросы	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64			

0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине
------	--	---	--

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Афанасьев, Ю.О. Техническая термодинамика и теплотехника : сборник задач [Электронный ресурс] : / Ю.О. Афанасьев, И.И. Дворовенко. — Электрон. дан. — Кемерово : КузГТУ, 2011. — 96 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=6633
2. Белозеров В.И., Яркин А.Н., Кузина Ю.А.. Сборник задач по курсу “Техническая термодинамика” (Учебное пособие для студентов), - Обнинск, ИАТЭ, 2012 г., 92с.
3. Базаров И. П. Термодинамика: учебник / И. П. Базаров. - 5-е изд, стер. - СПб. : Лань, 2010. - 384 с. : ил.(10 экз.)

б) дополнительная учебная литература:

1. Кириллин В. А. Техническая термодинамика : учеб. для студ. вузов / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : МЭИ, 2008. - 496 с. : ил. (80 экз.)
2. Кудинов В.А. Техническая термодинамика : Учеб. пособие для вузов / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. - М. : Высш. шк., 2003. - 261 с.(49 экз.)
3. Крамеров А.Я., Шевелев Я.В. Инженерные расчеты ядерных реакторов. - М., Атомиздат, 1964г., 716с.
- 4.Белозеров В.И., Жук М.М., Кузина Ю.А., Терновых М.Ю. Физика и эксплуатационные режимы реактора ВВЭР-1000.-М., МИФИ, 2014, 288с.
- 5.Соловьев В.А., Белозеров В.И., Орлова Е.А., Алексеев В.В. Исследования процессов коррозии в жидких металлах. - М., МИФИ, 2014, 336с.

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<http://ibooks.ru/>
<http://e.lanbook.com/>
<http://www.biblio-online.ru/>
<http://kuperbook.biblioclub.ru>
<http://www.studentlibrary.ru>
<http://library.mephi.ru>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями к технологии жидкометаллических теплоносителей. Систематические индивидуальные консультации. Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

Вид учебных	Организация деятельности студента
-------------	-----------------------------------

занятий	
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия по темам лекционных занятий задания. Решая поставленные задания, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Лабораторные занятия	При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с методическими руководствами по работе с изучаемыми программными комплексами. Важно внимательно ознакомиться с функционалом и возможностями данных комплексов. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических аспектах ПК.
Доклад	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением доклада.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.
Индивидуальное домашнее задание	При выполнении индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общую схему решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по ядерным технологиям. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

1. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
2. Интерактивное общение с помощью программы skype.
3. Использование слайд-презентаций при проведении лекционных и практических занятий.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории на 250 и 30 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

применяемые на лекционных занятиях:

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)
- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций)

Применяемые на практических занятиях:

- Технология активного обучения (визуальный семинар с разбором конкретных задач).
- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм : группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки

Темы для самостоятельного занятия:

1. Параметры состояния
2. Основные уравнения первого и второго законов термодинамики
3. Цикл Карно и теорема Карно
4. Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы
5. Термодинамические свойства веществ
6. Термодинамические процессы
7. Процесс дросселирования газа(пара)
8. Циклы газотурбинных и паросиловых установок.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите основные параметры состояния вещества
2. Определения и термины , относящиеся к пару и процессу парообразования
3. В каких единицах измеряются удельные и полные параметры вещества?
4. Тройная точка
5. Обратимые и необратимые процессы

6. Формулы для расчета теплоемкостей газа
7. Интеграл Клаузиуса
8. Скорость звука
9. Температура торможения

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межкультурного взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким

конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:

_____ В.И. Белозеров, к.т.н., доцент

Рецензент:

_____ Ю.Д. Левченко, ведущий научный сотрудник
АО «ГНЦ РФ ФЭИ», д.т.н.