

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**

Одобрено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ  
НИЯУ МИФИ  
Протокол от 24.04.2023 №23.4

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

---

Техническая термодинамика  
*название дисциплины*

для направления подготовки

---

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика  
*код и направления подготовки*

образовательная программа

---

Монтаж, наладка и ремонт оборудования АЭС

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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

<b>Коды компетенций</b>	<b>Результаты освоения ООП Содержание компетенций</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
<b>ОПК-2</b>	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знать: Физику реактора. Уметь: Использовать методики обработки результатов нейтронно-физических и тепло-гидравлических измерений. Владеть: Навыками анализа результатов нейтронно-физических и тепло-гидравлических измерений.
<b>ПК-5</b>	Способность к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	Знать: Технологические схемы атомной станции. Уметь: Обеспечивать внедрение новых систем и оборудования, методик, программ. Владеть: Навыками разработки и внедрения предложений по повышению экономической эффективности эксплуатации реакторов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

-Дифференциальные и интегральные уравнения  
 -Общая физика (молекулярная физика и основы статистической термодинамики)  
 Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

**3. 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**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц (з.е.), 180 академических часов.

**3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)**

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)	
	Очная	Заочная
	Семестр	Курс
	№ 5	№
	Количество часов на вид работы:	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	64	
В том числе:		
<i>лекции (лекции в интерактивной форме)</i>	32	
<i>практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)</i>	16	
<i>лабораторные занятия</i>	16	
<b>Промежуточная аттестация</b>		
В том числе:		
<i>экзамен</i>	5	
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>	62	
В том числе:		
<i>подготовка к лабораторным работам</i>	14	
<i>выполнение текущих домашних заданий</i>	14	
<i>выполнение индивидуальных</i>	14	

<i>домашних заданий</i>		
<i>подготовка к экзамену</i>	20	
<b>Всего (часы):</b>	<b>180</b>	
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>5</b>	

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

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

*Для очной формы обучения*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах				
		Очная форма обучения				
		Лек	Сем/Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	<b>Введение</b>	2	1	2		4
2.	<b>Первый и второй законы термодинамики</b>	4	2	0		6
3.	<b>Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы</b>	2	2	2		6
4.	<b>Термодинамические свойства веществ</b>	2	1	2		8
5.	<b>Основные термодинамические процессы</b>	4	2	3		8
6.	<b>Процессы течения газов и жидкостей</b>	2	2	5		8
7.	<b>Общие методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок</b>	2	1	0		8
8.	<b>Теплосиловые газовые циклы</b>	2	1	2		8
9.	<b>Теплосиловые паровые циклы</b>	12	4	0		6

	<b>Всего:</b>	32	16	16		62
--	---------------	----	----	----	--	----

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

#### **4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)**

Лекционный курс

<b>№</b>	<b>Наименование раздела /темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1.	<b>Введение</b>	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.	<b>Первый и второй законы термодинамики</b>	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.	<b>Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы</b>	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.	<b>Термодинамические свойства веществ</b>	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.	<b>Основные термодинамические процессы</b>	Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы. Дросселирование. Адиабатное расширение реального газа в вакуум (процесс Джоуля). Процессы сжатия в компрессоре.
6.	<b>Процессы течения газов и жидкостей</b>	Основные уравнения процессов течения. Скорость звука, переход через скорость звука. Истечение из суживающихся сопел, сопло Лавая. Адиабатное течение с трением. Температура адиабатного торможения.
7.	<b>Общие методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок</b>	Методы анализа эффективности циклов. Энтропийный метод расчета потерь работоспособности в необратимых циклах. Эксергетический метод расчета потерь работоспособности.
8.	<b>Теплосиловые газовые циклы</b>	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей
9.	<b>Теплосиловые паровые циклы</b>	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*

<b>№</b>	<b>Наименование раздела /темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1.	<b>Введение</b>	Параметры состояния. Идеальные газы, уравнения состояния идеальных газов, их теплоемкости. Смеси идеальных газов.
2.	<b>Законы термодинамики</b>	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.	<b>Реальные вещества</b>	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.	<b>Тепловые машины</b>	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*

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

#### **5. 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.

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

##### *6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине*

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или её)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
--------------	--	--	---

		<b>части) / и ее формулировка</b>	
<b>Текущий контроль</b>			
1.	Общие характеристики параметров состояния процессов. Идеальный газ и его законы.	Способность демонстрировать базовые знания в области	Домашнее задание, коллоквиум, лабораторная работа № 1.
2.	Первый и второй законы термодинамики	естественнонаучных дисциплин и	Домашнее задание, коллоквиум
3.	Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы	готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности,	Домашнее задание, коллоквиум, лабораторная работа № 4, лабораторная работа № 3
4.	Основные термодинамические процессы	применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и	Домашнее задание, коллоквиум, лабораторная работа № 7, лабораторная работа №8
5.	Методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок	экспериментального исследования (ОПК-2)	Домашнее задание
6.	Теплосиловые паровые циклы	Способность к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы (ПК-5)	Домашнее задание, индивидуальное домашнее задание
7	Исследование процессов во влажном воздухе		Лабораторная работа № 5
<b>Промежуточный контроль</b>			
	Экзамен	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и	Вопросы к экзамену



		<p>ГОТОВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ПРИМЕНЯТЬ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (ОПК-2) СПОСОБНОСТЬ К УЧАСТИЮ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ, ПЛАЗМЕННЫХ И ДРУГИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ (ПК-5)</p>	
--	--	--	--

## **6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы**

### **6.2.1. Экзамен**

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

### **6.2.2. 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.  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  подчиняется уравнению состояния Ван-дер-Ваальса  
$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right) * (v - b) = RT ; a=191 \text{ Н*м}^4/\text{кг}^2, b= 0,984*10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}.$$
  
Определить работу если считать  $\text{CO}_2$  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.

### 6.2.3. 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  $v_2 = 0,14$  м<sup>3</sup>/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  $17^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $C_p = 14,05$  кДж/кг.К. Барометрическое давление составляет 743 мм рт. ст.
3. Воздух в количестве 20 кг при температуре  $20^\circ\text{C}$  изотермически сжимается до тех пор, пока его давление не становится равным 3,65 МПа. На сжатие затрачивается работа  $L = -7,5$  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:  $t_1 = 450^\circ\text{C}$ ,  $h_1 = 336$  кДж/кг,  $x_2 = 1$ . Изобразить процесс на любой диаграмме.

2. В закрытом сосуде объемом  $0,8 \text{ м}^3$  находится двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ) при  $p_1=2,2 \text{ МПа}$  и  $t_1=20^\circ\text{C}$ . Газу сообщается  $Q_v = 4600 \text{ кДж}$  теплоты. Определить температуру и давление  $\text{CO}_2$  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  $250 \text{ кг/ч}$ . Ответ дать в киловаттах и в  $\text{кДж/с}$ .
4. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с начальными параметрами:  $p_1=70 \text{ бар}$  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

#### 6.2.4. 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

### **6.2.5. 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

### **6.3. 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 бально-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл		
		Минимум	Максимум	
Текущий	<b>Контрольная точка № 1</b>	13	20	
	Коллоквиум	4	6	
	лабораторная работа № 1	1	2	
	лабораторная работа № 3	1	2	
	лабораторная работа № 7	1	2	
	Домашние задания	6	8	
	<b>Контрольная точка № 2</b>	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		
<b>Промежуточный</b>	<b>Экзамен</b>	24	40	
	Вопросы	24	40	
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		60	100	

## 7. 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](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.

**8. 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>

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
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, в свободное время. Уделить внимание следующим понятиям: законы термодинамики, параметры состояния вещества, процессы и циклы, максимальная и максимально полезная работа (эксергия), изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциал, теплофизические свойства воды и водяного пара.
Практические занятия	При подготовки к практическим занятиям повторить основные понятия и формулы по темам домашнего задания. Решая

	упражнения и задачи, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. Решить типовую задачу из данной темы на доске с преподавателем. Написать план решения задач, попробовать на его основе решить 1-2 аналогичные задачи самостоятельно. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Лабораторные работы	При подготовке к лабораторным работам необходимо ознакомиться с описаниями стендов, а также разобраться с теоретической частью процесса или цикла конкретной работы. Разобраться с перечнем вопросов к лабораторным работам и дать аргументированные ответы.
Домашние задания	Перед решением домашних заданий необходимо разобраться с теоретическим материалом по данной теме, который необходимо изучить. Разобраться с типовыми задачами, которые имеются в задачнике и которые вы решали в аудитории. Написать план решения задач, и на его основе решить задачи.
Индивидуальное домашнее задание	Поскольку индивидуальные домашние задания рассматривают несколько тем, то перед решением необходимо повторить теоретическую часть, таблицы и диаграммы воды и водяного пара, процессы и термодинамические циклы паросиловых установок.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам. При подготовке к коллоквиуму необходимо разобрать определения всех понятий и выводы всех уравнений описывающих термодинамические процессы и циклы.
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.

## **10. 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.

## **11. 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.

## **12. Иные сведения и (или) материалы**

### ***12.1. 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).

### ***12.2. 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. Что такое «Тройная точка вещества»
5. Обратимые и необратимые процессы
6. Формулы для расчета теплоемкостей газа
7. Интеграл Клаузиуса
8. Скорость звука
9. Температура торможения
10. Процессы смешения. Процесс смешения в потоке. Смешение при заполнении объема
11. Процессы сжатия в компрессоре. Струйный компрессор или эжектор
12. Основные уравнения процессов течения газов и жидкостей