

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

Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол № 25.8 от 25.08.2025

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

*название дисциплины*

для направления подготовки

**14.05.02 Атомные станции:**

**проектирование, эксплуатация и инжиниринг**

образовательная программа

**Радиационная безопасность атомных станций**

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

## Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Техническая термодинамика» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

## Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Техническая термодинамика» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

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

1.1. В результате освоения ООП специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Коды компетенций | Наименование компетенции                                                                                                                                                   | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3             | Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации               | З-ПК-3 знать методы проведения исследований физических процессов;<br>У-ПК-3 уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок;<br>В-ПК-3 владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке;                                                                      |
| ПК-9             | Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы | З-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ;<br>У-ПК-9 уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ;<br>В-ПК-9 владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ; |

## 1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП специалитета

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы

компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;

- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;

- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

### 1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

| № п/п                                      | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Индикатор достижения компетенции                  | Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации            |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Текущая аттестация, 5 семестр</b>       |                                          |                                                   |                                                                                |
| 1.                                         | Тема 1                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Коллоквиум, лабораторная работа № 1                                            |
| 2.                                         | Тема 2                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Домашнее задание, коллоквиум                                                   |
| 3.                                         | Тема 3                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Домашнее задание, коллоквиум, лабораторная работа № 4, лабораторная работа № 3 |
| 4.                                         | Тема 4                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Домашнее задание, коллоквиум, лабораторная работа № 7, лабораторная работа №8  |
| 5.                                         | Тема 5                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Домашнее задание                                                               |
| 6.                                         | Тема 6                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Домашнее задание, индивидуальное домашнее задание                              |
| 7.                                         | Тема 7                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Лабораторная работа № 5                                                        |
| 8.                                         | Тема 8                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Домашнее задание                                                               |
| 9.                                         | Тема 9                                   | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Домашнее задание                                                               |
| <b>Промежуточная аттестация, 5 семестр</b> |                                          |                                                   |                                                                                |
|                                            | Зачет                                    | 3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3;<br>3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9 | Вопросы к зачету                                                               |

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

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

| Уровни                                                                                                                             | Содержательное описание уровня                                                                                                                                 | Основные признаки выделения уровня                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | БРС, % освоения | ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------|
| <b>Высокий</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>         | Творческая деятельность                                                                                                                                        | <i>Включает нижестоящий уровень.</i><br>Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий                 | 90-100          | A/<br>Отлично/<br>Зачтено                          |
| <b>Продвинутый</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i> | Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы | <i>Включает нижестоящий уровень.</i><br>Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения. | 85-89           | B/<br>Очень хорошо/<br>Зачтено                     |
|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 75-84           | C/<br>Хорошо/<br>Зачтено                           |
|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 70-74           | D/<br>Хорошо/<br>Зачтено                           |
| <b>Пороговый</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>                                                   | Репродуктивная деятельность                                                                                                                                    | Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.                                                                                                                                                                              | 65-69           | D/Удовлетворительно/<br>Зачтено                    |
|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 60-64           | E/Посредственно/<br>Зачтено                        |

|                        |                                                                                                                                                                 |      |                                 |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------|
| <b>Ниже порогового</b> | Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях. | 0-59 | Неудовлетворительно/<br>Зачтено |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------|

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

| Уровень сформированности компетенции | Текущий контроль       | Промежуточная аттестация |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| высокий                              | <b>высокий</b>         | <b>высокий</b>           |
|                                      | <i>продвинутый</i>     | <i>высокий</i>           |
|                                      | <i>высокий</i>         | <i>продвинутый</i>       |
| продвинутый                          | <i>пороговый</i>       | <i>высокий</i>           |
|                                      | <i>высокий</i>         | <i>пороговый</i>         |
|                                      | <b>продвинутый</b>     | <b>продвинутый</b>       |
|                                      | <i>продвинутый</i>     | <i>пороговый</i>         |
|                                      | <i>пороговый</i>       | <i>продвинутый</i>       |
| пороговый                            | <b>пороговый</b>       | <b>пороговый</b>         |
| ниже порогового                      | <b>пороговый</b>       | <b>ниже порогового</b>   |
|                                      | <b>ниже порогового</b> | -                        |

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

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

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

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

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

| Этап рейтинговой системы /<br>Оценочное средство | Неделя | Балл     |          |
|--------------------------------------------------|--------|----------|----------|
|                                                  |        | Минимум* | Максимум |
| Семестр 5                                        |        |          |          |
| Текущая аттестация                               | 1-16   | 36       | 60       |
| Контрольная точка № 1                            | 7-8    | 13       | 20       |
| Коллоквиум                                       | 7      | 4        | 6        |
| Лабораторная работа №1                           | 7      | 1        | 2        |

|                                 |              |           |            |
|---------------------------------|--------------|-----------|------------|
| Лабораторная работа №3          | 7            | 1         | 2          |
| Лабораторная работа №7          | 8            | 1         | 2          |
| Домашние задания                | 8            | 6         | 8          |
| <b>Контрольная точка № 2</b>    | <b>15-16</b> | <b>23</b> | <b>40</b>  |
| Лабораторная работа №4          | 15           | 1         | 2          |
| Лабораторная работа №5          | 15           | 1         | 2          |
| Лабораторная работа №8          | 15           | 1         | 2          |
| Домашние задания                | 16           | 8         | 16         |
| Индивидуальное домашнее задание | 16           | 12        | 18         |
| <b>Промежуточная аттестация</b> | <b>-</b>     | <b>24</b> | <b>40</b>  |
| Зачет                           | -            |           |            |
| Зачетный билет                  | -            | 24        | 40         |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b>      |              | <b>60</b> | <b>100</b> |

\* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

#### **Определение бонусов и штрафов**

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических и лабораторных занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

#### **4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков**

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**

|                           |                                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки    | <b>14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»</b> |
| Образовательная программа | <b>«Радиационная безопасность атомных станций»</b>                           |
| Дисциплина                | <b>Техническая термодинамика</b>                                             |

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

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

**Критерии оценивания и шкала**

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

В билет по зачету входит 2 вопроса и задача.

| <b>Оценка</b>                      | <b>Критерии оценки</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отлично<br>36-40                   | Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;</li><li>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;</li><li>- правильно формулировать определения;</li><li>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;</li><li>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.</li></ul> |
| Хорошо<br>30-35                    | Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;</li><li>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</li><li>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;</li><li>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li></ul> |
| Удовлетворительно<br>25-29         | Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li><li>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li></ul>                                                                                         |
| Неудовлетворительно<br>24 и меньше | Студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"><li>- незнание значительной части программного материала;</li><li>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- существенные ошибки при изложении учебного материала;</li><li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li></ul>                                        |

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**

|                           |                                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки    | <b>14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»</b> |
| Образовательная программа | <b>«Радиационная безопасность атомных станций»</b>                           |
| Дисциплина                | Техническая термодинамика                                                    |

**Вопросы для коллоквиума**

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.
12. Законы термодинамики и их формулировки.
13. Цикл. Понятие термического к.п.д. Источники тепла.
14. Обратимые и необратимые процессы.
15. Цикл Карно. Теорема Карно.
16. Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.
17. Объединенные уравнения первого и второго законов термодинамики.
18. Обратимость и производство работы.
19. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный и политропный процессы.
20. Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона.
21. Адиабатное расширение реального газа в вакуум (процесс Джоуля).

**Примеры:**

**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  $P_1=0,1$  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  $v_1=0,5$  м<sup>3</sup>/кг до  $v_2=2,5$  м<sup>3</sup>/кг. Определить работу расширения по формуле  $1=\int_{v_1}^{v_2} p dv$ , если принять что  $\text{CO}_2$  подчиняется уравнению состояния Ван-дер-Ваальса  $(p + \frac{a}{v^2}) * (v - b) = RT$ ;  $a=191$  Н\*м<sup>4</sup>/кг<sup>2</sup>,  $b=0,984*10^{-3}$  м<sup>3</sup>/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:

**Отметка «отлично»** (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.

**Отметка «хорошо»** (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.

**Отметка «удовлетворительно»** (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.

**Отметка «неудовлетворительно»** (3-0 балла) ставится, если:

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

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

|                           |                                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки    | <b>14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»</b> |
| Образовательная программа | <b>«Радиационная безопасность атомных станций»</b>                           |
| Дисциплина                | <b>Техническая термодинамика</b>                                             |

### Комплект типовых задач для индивидуальных домашних заданий

Задания предлагаются из Методических указаний по организации самостоятельной работы по дисциплине «Техническая термодинамика».

Пример индивидуального домашнего задания

Вариант 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.
- 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  $C_p = 14,05 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ . Барометрическое давление составляет 743 мм рт. ст.
- 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  $L = -7,5 \text{ МДж}$ . Найти начальное давление и объем, конечный объем и теплоту, отведенную от воздуха.
- 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 ( $\text{CO}_2$ ) 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  $t_1=130^0\text{C}$  до  $t_2=500^0\text{C}$ . 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  $t_1=470^0\text{C}$ ; 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.

**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.

**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

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**

|                           |                                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки    | <b>14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»</b> |
| Образовательная программа | <b>«Радиационная безопасность атомных станций»</b>                           |
| Дисциплина                | <b>Техническая термодинамика</b>                                             |

**Комплект лабораторных работ**

Описания работ приведены в лабораторном практикуме «Техническая термодинамика» / Белозеров В.И., Кузина Ю.А. – Обнинск: ИАТЭ, 2005. – 60 с.

Темы выполняемых лабораторных работ:

Работа №1. Определение изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении

Работа №3. Исследование зависимости между термическими параметрами углекислого газа

Работа №4. Изохорное нагревание воды и водяного пара

Работа №5. Исследование процессов во влажном воздухе

Работа №7. Изучение политропных процессов в газах

Работа №8. Определение показателя политропы при различных процессах сжатия в компрессоре.

**Критерии оценки:**

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

**Описание шкалы оценивания:**

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

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**

|                           |                                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки    | <b>14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»</b> |
| Образовательная программа | <b>«Радиационная безопасность атомных станций»</b>                           |
| Дисциплина                | <b>Техническая термодинамика</b>                                             |

**Комплект домашних работ**

Задания предлагаются из Сборника задач по курсу «Техническая термодинамика» / Белозеров В.И., Яркин А.Н., Кузина Ю.А. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2012. – 92 с.

**Критерии оценивания компетенций (результатов):**

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

**Описание шкалы оценивания:**

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