

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н.Ельцина»

Институт Физико-технологический  
Кафедра Технической физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

С.Т. Князев

« 18 » 06 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

Рекомендована учебно-методическим советом Физико-технологического института  
для направлений подготовки и специальностей:

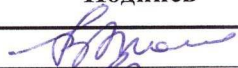
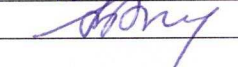
| Код ОП         | Направление/<br>Специальность   | Направленность<br>(профиль)<br>программы<br>магистратуры/<br>специализации | Номер<br>учебного<br>плана | Код<br>дисциплины<br>по учебному<br>плану |
|----------------|---------------------------------|--|----------------------------|---|
| 14.05.01/02.01 | Ядерные реакторы и<br>материалы | Ядерные реакторы и<br>материалы  | 5242                       | Б1.36                                     |

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа составлена авторами:


| № п/п | ФИО            | Ученая степень, ученое звание | Должность         | Кафедра            | Подпись   |
|-------|----------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|---|
| 1     | Гоглачёв А. В. |                               | ст. преподаватель | Технической физики |  |
| 2     | Лойко А. Э.    | к.ф.-м.н., доцент             | доцент            | Технической физики |  |

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):

| № | Наименование кафедры (УМС) | Дата заседания | Номер протокола | ФИО зав. кафедрой (предс. УМС) | Подпись   |
|---|----------------------------|----------------|-----------------|--------------------------------|---|
| 1 | Технической физики         | 26.04.2018     | 5               | Токманцев В.И.                 |  |
| 2 | Технической физики         | 26.04.2018     | 5               | Токманцев В.И.                 |  |


Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных программ и организации учебного процесса

  
Р.Х Токарева

Председатель учебно-методического совета  
Физико-технологического института

11.05.2018, протокол № 9

  
В.В Зверев

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

| Код направления/<br>специальности | Название направления/<br>специальности | Реквизиты приказа Министерства<br>образования и науки Российской<br>Федерации об утверждении и вводе в<br>действие ФГОС ВО |                  |
|-----------------------------------|--|--|------------------|
|                                   |  | Дата   | Номер<br>приказа |
| 14.05.01                          | Ядерные реакторы и<br>материалы        | 03.09.2015   | 956              |

### 1.1. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

#### **ОБЩЕКУЛЬТУРНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ОК) в соответствии с ФГОС ВО:**

способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);  
способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-2).

#### **Профессиональные компетенции (ПК):**

##### **научно-исследовательская деятельность:**

готовность 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 (ПК-2);

способность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения (ПК-3);

способность применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области (ПК-4);

способность самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования (ПК-6).

##### **проектная деятельность:**

готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании ядерных установок и систем учета, контроля (ПК-16).

#### **Дополнительные компетенции, согласованные с работодателями (ДОК, ДОПК, ДПК, ДППК):**

понимание физико-химических основ технологических процессов (ДПК1).

## 1.2. Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать** фундаментальные законы и методы термодинамики, условия равновесия термодинамических систем и закономерности их поведения при фазовых переходах, циклы теплосиловых и холодильных установок.

**Уметь** применять метод термодинамических потенциалов.

**Владеть** физико-математическим аппаратом, используемом в термодинамике при решении специфических задач дисциплины, методами описания и термодинамических расчетов физико-химических процессов.

## 1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

|                   |   |
|-------------------|---|
| 1. Пререквизиты   | Физика, математический анализ.  |
| 2. Кореквизиты*   | Статистическая физика, Физическая гидрогазодинамика, Метрология и техника физического эксперимента.                 |
| 3. Постреквизиты* | Физика жидкости, Теплофизика, Физическая теория реакторов<br>Инженерные расчеты и проектирование ядерных установок. |

## 1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины для очной формы обучения

| № п/п | Виды учебной работы, формы контроля   | Объем дисциплины |                                  | Распределение объема дисциплины по семестрам (час.) |
|-------|---|------------------|----------------------------------|---|
|       |   | Всего, час.      | В т.ч. контактная работа (час.)* | 6   |
| 1.    | Аудиторные занятия, час.  | 119              | 119                              | 119   |
| 2.    | Лекции, час.  | 51               | 51                               | 51  |
| 3.    | Практические занятия, час.  | 17               | 17                               | 17  |
| 4.    | Лабораторные работы, час.   | 51               | 51                               | 51  |
| 5.    | Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации, час. | 43               | 17,85                            | 43  |
| 6     | Вид промежуточной аттестации  | 18               | 2,33                             | Экзамен, 18   |
| 7     | Общая трудоемкость по учебному плану, час.                                  | 180              | 139,18                           | 180   |
| 8     | Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.                                  | 5                | -                                | 5   |

## 1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины

Содержание дисциплины направлено на изучение феноменологической термодинамики. В содержании дисциплины рассматриваются следующие вопросы: законы термодинамики, метод термодинамических потенциалов, являющийся основным при описании физических и химических явлений, условия равновесия термодинамических систем и закономерности их поведения при фазовых переходах. В процессе изучения дисциплины студентам предстоит познакомиться с основами реализации циклов теплосиловых и холодильных установок и методов анализа их эффективности.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Код раздела, темы | Раздел, тема* дисциплины | Содержание |
|-------------------|--------------------------|------------|
|-------------------|--------------------------|------------|

|    |                            |   |
|----|----------------------------|---|
| P1 | Введение.<br>Терминология  | Предмет термодинамики. Основные понятия и определения термодинамики (терминология): термодинамическая система (изолированная, открытая, закрытая, адиабатная), равновесное состояние, термодинамический контакт, термодинамические параметры (экстенсивные, интенсивные, внешние, внутренние), внутренняя энергия термодинамической системы, уравнения состояния (термическое, калорическое). Функции состояния и их свойства. Постулаты термодинамики.   |
| P2 | Первый закон термодинамики | Термодинамические процессы, квазистатические и нестатические процессы, циклы. Работа и теплота процесса, энергия переноса массы.<br>Формулировки первого начала термодинамики, интегральная и дифференциальная формы записи первого начала. Обобщенные силы и обобщенные координаты.<br>Понятие теплоемкости, связь между изобарной и изохорной теплоемкостями, формула Майера, скрытая теплота. Основные термодинамические процессы: изотермический, адиабатный, политропный, изохорный, изобарный.<br>Уравнения политропного и адиабатного процессов. Частные случаи политропного процесса. Диаграммное изображение термодинамических процессов. Термические коэффициенты: термический коэффициент объемного расширения, термический коэффициент давления, коэффициент изотермической сжимаемости. Связь между термическими коэффициентами. Коэффициент адиабатной сжимаемости, связь между адиабатными и изотермическими коэффициентами сжимаемости.   |
| P3 | Второй закон термодинамики | Обратимые и необратимые процессы, циклы. Цикл Карно. Формулировки второго начала термодинамики Клаузиуса и Томсона, их эквивалентность.<br>Принцип адиабатной недостижимости Каратеодори. Понятие температуры, эмпирические температурные шкалы, шкала Цельсия, Фаренгейта, Реомюра. Температурная шкала идеального газа. Обоснование существования энтропии: голономность и свойства форм Пфаффа, определение энтропии термодинамической системы.<br>Существование абсолютной термодинамической температуры и ее связь с эмпирической температурой. Связь абсолютной термодинамической шкалы температур со шкалой идеального газа. Первая и вторая теоремы Карно. Неравенство Клаузиуса. Изменение энтропии в произвольных процессах. Свойства энтропии.<br>Основное уравнение и неравенство термодинамики. Примеры возрастания энтропии при необратимых процессах в адиабатных системах: теплообмен при конечной разности температуры, механические процессы с трением. Энтропия идеального газа. |
| P4 | Методы термодинамики       | Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. Метод циклов. Зависимость поверхностного натяжения от температуры. Характеристические функции и термодинамические потенциалы, внутренняя энергия как  |

|    |   |  |
|----|---|--|
|    |   | <p>термодинамический потенциал. Преобразование Лежандра. Энтальпия. Энергия Гельмгольца, изохорно-изотермический потенциал. Энергия Гиббса, изобарно-изотермический потенциал. Зависимость энергии Гиббса от числа частиц в системе. Большой термодинамический потенциал. Уравнение Гиббса-Дюгема. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.</p> <p>Применение метода термодинамических потенциалов: магнестрикция, электрострикция, пьезоэффект, эффект Джоуля-Томсона, обратимое и необратимое адиабатное дросселирование газа. Термодинамика излучения: тепловое излучение, излучательная и поглощательная способности тел, закон Кирхгофа, световое давление, закон Стефана-Больцмана, термодинамические функции излучения.</p>  |
| P5 | Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нернста  | <p>Задача о химическом сродстве, содержание теоремы Нернста, постулат Планка. Следствия теоремы Нернста: поведение термических коэффициентов при стремлении абсолютной температуры к нулю, поведение изобарной и изохорной теплоемкостей при стремлении абсолютной температуры к нулю, вычисление энтропии, вырождение идеального газа. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Сверхнизкие температуры, их получение и принцип недостижимости абсолютного нуля. Отрицательные абсолютные температуры. Термодинамические свойства систем с отрицательной абсолютной температурой.</p>   |
| P6 | Условия термодинамического равновесия и их применение | <p>Классификация термодинамических систем, условия равновесия механических систем. Общие условия термодинамического равновесия: изолированная система, система в термостате с постоянным объемом, принцип максимальной работы.</p> <p>Система в термостате с постоянным внешним давлением, система с постоянной энтропией и давлением, энтропией и объемом, система с переменным числом частиц при постоянстве температуры, объема и химических потенциалов. Понятие о метастабильном состоянии. Условия устойчивости равновесия, выраженные через термодинамические неравенства, детерминант устойчивости.</p> <p>Равновесие в гомогенной системе: условие химического равновесия, закон действующих масс. Равновесие в гетерогенной системе: правило фаз Гиббса, равновесие однокомпонентных систем. Основное уравнение теории равновесия бинарных систем.</p> <p>Правила Коновалова. Идеальные жидкие растворы: понятие идеального раствора и его свойства, закон Рауля, разбавленные растворы, закон Генри. Осмотическое давление.</p> |
| P7 | Фазовые превращения                                   | <p>Общие вопросы теории фазовых превращений. Общие закономерности фазовых переходов 1-го рода. Изменение химического потенциала при фазовых переходах 1-го рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Линия плавления, теплота</p>  |

|    |  |   |
|----|--|---|
|    |  | <p>и энтропия плавления. Линия испарения, теплота и энтропия испарения. Тройная точка. Термодинамика процесса образования новой фазы: диаграмма состояния системы жидкость-пар в координатах давление-объем, понятие бинодали и спинодали.</p> <p>Условия термодинамического равновесия капли жидкости со своим насыщенным паром, условия возникновения капли жидкости в паре.</p> <p>Фазовые превращения 2-го рода: общие закономерности фазовых переходов 2-го рода, уравнение Эренфеста, сверхпроводимость, формула Рутгерса. Равновесие в критической точке, закон соответственных состояний.</p>   |
| P8 | Циклы теплосиловых и холодильных установок | <p>Термический коэффициент полезного действия цикла, холодильный коэффициент, коэффициент преобразования тепла. Методы анализа эффективности циклов. Теплосиловые паровые циклы: цикл Карно, цикл Ренкина.</p> <p>Зависимость термического коэффициента полезного действия цикла Ренкина от значения параметров водяного пара. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара. Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь, понятие работоспособности системы.</p> <p>Теплофикационные циклы. Циклы газотурбинных установок. Бинарные циклы. Циклы парогазовых установок. Цикл МГД-установок.</p> <p>Циклы холодильных установок. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. Пароэжекторная холодильная установка. Абсорбционная холодильная установка. Цикл термоэлектрической холодильной установки.</p> |

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)

**3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения**

Таблица 3.1.

| Семестр обучения: 6 |   | Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий |                      |                     |              |                               |   |        |                          |                      |   |              |   |                  |                     | Объем дисциплины (зач. ед.): 5 |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
|---------------------|---|---|----------------------|---------------------|--------------|-------------------------------|---|--------|--------------------------|----------------------|---|--------------|---|------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|---|------------------------------|--|--|------------------|---|-------------|-------------------------------|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| Код раздела, темы   | Раздел дисциплины                                     | Аудиторная нагрузка (час.)                                    |                      |                     |              | Всего по разделу, теме (час.) | Подготовка к аудиторным занятиям (час.) |        |                          |                      |   | Всего (час.) | Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.) |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              | Всего на подготовку к контрольным (час.) | Подготовка к контрольным мероприятиям (колич.) |                  | Подготовка к аттестационным мероприятиям (час.) |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
|                     |   | Лекции  | Практические занятия | Лабораторные работы | Всего (час.) |                               | Всего                                   | Лекция | Практ., семинар, занятие | Лабораторное занятие | Ни семинар, семинар-конференция, коллоквиум |              | Всего (час.)  | Домашняя работа* | Графическая работа* | Реферат, эссе, творч. работа*  | Инд. или групповой проект* | Перевод инояз. литературы* | Расчетная работа, разработка программного продукта* | Расчетно-графическая работа* |  | Курсовая работа*                               | Курсовой проект* | Контрольная работа*                             | Коллоквиум* | Зачет* (при наличии экзамена) | Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена) | Экзамен* |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| P1                  | Введение. Терминология                                | 2   | 2                    |                     |              | 2                             | 3                                       | 1      | 1                        | 1                    | 2   | 2            | 1   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| P2                  | Первый закон термодинамики                            | 23  | 16                   | 6                   | 2            | 8                             | 7                                       | 3      | 1                        | 1                    | 1   | 2            | 1   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| P3                  | Второй закон термодинамики                            | 20  | 15                   | 7                   | 2            | 6                             | 5                                       | 3      | 1                        | 1                    | 1   | 2            | 1   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| P4                  | Методы термодинамики                                  | 20  | 15                   | 6                   | 3            | 6                             | 5                                       | 3      | 1                        | 1                    | 1   | 2            | 1   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| P5                  | Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нернста  | 21  | 13                   | 5                   | 1            | 7                             | 8                                       | 4      | 2                        | 1                    | 1   | 2            | 1   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| P6                  | Условия термодинамического равновесия и их применение | 24  | 18                   | 8                   | 2            | 8                             | 6                                       | 4      | 2                        | 1                    | 1   | 2            | 1   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| P7                  | Фазовые превращения                                   | 26  | 21                   | 9                   | 4            | 8                             | 5                                       | 3      | 1                        | 1                    | 1   | 2            | 1   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| P8                  | Циклы тепловых и холодильных установок                | 26  | 19                   | 8                   | 3            | 8                             | 7                                       | 3      | 1                        | 1                    | 1   | 2            | 1   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
|                     | Всего (час), без учета промежуточной аттестации:      | 162   | 119                  | 51                  | 17           | 51                            | 43                                      | 23     | 9                        | 7                    | 7   | 14           | 14  | 0                | 0                   | 0                              | 0                          | 0                          | 0   | 0                            | 0  | 0  | 0                | 0   | 0           | 0                             | 0   | 0        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |
|                     | Всего по дисциплине (час.):                           | 180   |                      |                     |              |                               | 61                                      |        |                          |                      |   |              |   |                  |                     |                                |                            |                            |   |                              |  |  |                  |   |             |                               |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |

\* Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.):»



#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторный практикум

| Код раздела, темы | Номер работы | Наименование работы  | Время на выполнение работы (час.) |
|-------------------|--------------|--|-----------------------------------|
| P2                | 1-4          | Измерение показателя адиабаты акустическим методом.                                    | 8                                 |
| P3                | 5-7          | Определение параметров потенциала Леннарда-Джонса из второго вириального коэффициента. | 6                                 |
| P4                | 8-10         | Исследование явления магнитострикции с помощью электрических проволочных тензометров.  | 6                                 |
| P5                | 11-14        | Теплоемкость кристаллических тел.  | 7                                 |
| P6                | 14-17        | Давление насыщенного пара жидкости и твердого тела.                                    | 8                                 |
| P7                | 17-20        | Измерение скорости роста кристалла растущего из водяного раствора.                     | 8                                 |
| P8                | 21-24        | Определение критических параметров двуокиси углерода.                                  | 8                                 |
| <b>Всего:</b>     |              |  | <b>51</b>                         |

##### 4.2. Практические занятия

| Код раздела, темы | Номер работы | Наименование работы   | Время на выполнение работы (час.) |
|-------------------|--------------|---|-----------------------------------|
| P1, P2            | 1            | Терминология предмета «Термодинамика». Термодинамические процессы, первое начало термодинамики.   | 2                                 |
| P3                | 2            | Понятие теплоемкости, термические коэффициенты. Второе начало термодинамики. Понятие энтропии.  | 2                                 |
| P4                | 3-4          | Методы термодинамики. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния, метод термодинамических потенциалов.  | 3                                 |
| P5                | 4            | Поведение изобарной и изохорной теплоемкостей при стремлении абсолютной температуры к нулю, вычисление энтропии. Сверхнизкие температуры, принцип недостижимости абсолютного нуля | 1                                 |
| P6                | 5            | Условия термодинамического равновесия.  | 2                                 |
| P7                | 6-7          | Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Равновесие в критической точке.   | 4                                 |
| P8                | 8            | Циклы теплосиловых и холодильных установок, холодильная машина, тепловой насос.   | 3                                 |
| <b>Всего:</b>     |              |   | <b>17</b>                         |

##### 4.3. Самостоятельная работа студентов

###### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

1. Работа и теплота процесса, энергия переноса массы. Теплоемкость, связь между изобарной и изохорной теплоемкостями, скрытая теплота. Основные термодинамические процессы:

изотермический, адиабатный, политропный, изохорный, изобарный. Термические коэффициенты.

2. Обратимые и необратимые процессы, циклы. Цикл Карно. Понятие температуры, эмпирические температурные шкалы, шкала Цельсия, Фаренгейта, Реомюра. Температурная шкала идеального газа. Связь абсолютной термодинамической шкалы температур со шкалой идеального газа. Свойства энтропии.
3. Метод циклов. Зависимость поверхностного натяжения от температуры. Характеристические функции и термодинамические потенциалы, внутренняя энергия как термодинамический потенциал. Энтальпия. Энергия Гельмгольца. Энергия Гиббса. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Применение метода термодинамических потенциалов
4. Поведение термических коэффициентов при стремлении абсолютной температуры к нулю, поведение изобарной и изохорной теплоемкостей при стремлении абсолютной температуры к нулю, вычисление энтропии, вырождение идеального газа. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Сверхнизкие температуры, их получение и принцип недостижимости абсолютного нуля.
5. Условия термодинамического равновесия. Метастабильное состояние. Условия устойчивости равновесия, выраженные через термодинамические неравенства. Осмотическое давление.
6. Общие закономерности фазовых переходов 1-го и 2-го рода. Тройная точка. Диаграмма состояния системы жидкость-пар в координатах давление-объем, понятие бинадали и спинодали. Равновесие в критической точке.
7. Термический коэффициент полезного действия цикла, холодильный коэффициент, коэффициент преобразования тепла. Методы анализа эффективности циклов. Теплосиловые паровые циклы: цикл Карно, цикл Ренкина. Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь, понятие работоспособности системы.

#### **4.3.2. Примерный перечень тем графических работ**

«не предусмотрено»

#### **4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)**

«не предусмотрено»

#### **4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов**

«не предусмотрено»

#### **4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)**

«не предусмотрено»

#### **4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ**

«не предусмотрено»

#### **4.3.7. Примерная тематика курсового проекта (работы) (индивидуального или группового)**

«не предусмотрено»

#### **4.3.8. Примерный перечень тем контрольных работ**

«не предусмотрено»

#### **4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов**

1. Первоначальные понятия. Терминология. Первое начало термодинамики.
2. Второе и третье начала термодинамики. Методы термодинамики.
3. Условия термодинамического равновесия. Фазовые превращения. Циклы теплосиловых установок.

#### **4.3.10. Перевод иноязычной литературы**

«не предусмотрено»

## **5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ**

| Код раздела, | Активные и | Формы учебных занятий и виды учебной работы |
|--------------|------------|---|
|--------------|------------|---|

| темы дисциплины | интерактивные методы обучения   | Лекция | Практич., семинар. занятие | Лабораторное занятие | Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум | Домашняя работа | Графическая работа | Реферат, эссе, творч. работа | Расчетная работа (программный продукт) | Расчетно-графич. работа | Курс. проект (работа) | Контрольная работа | Коллоквиум |
|-----------------|---|--------|----------------------------|----------------------|--|-----------------|--------------------|------------------------------|--|-------------------------|-----------------------|--------------------|------------|
|                 |   |        |                            |                      |  |                 |                    |                              |  |                         |                       |                    |            |
| Р1-Р8           | Методы активного обучения   |        |                            |                      |  |                 |                    |                              |  |                         |                       |                    | *          |
|                 | Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.) | *      | *                          | *                    |  | *               |                    |                              |  |                         |                       |                    |            |
|                 | Командная работа  | *      | *                          | *                    |  |                 |                    |                              |  |                         |                       |                    |            |

## 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1. Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана - 1.

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

|   |                                 |                              |
|---|---------------------------------|------------------------------|
| 1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – к лек. = 0.4  |                                 |                              |
| Текущая аттестация на лекциях   | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Посещение лекций  | 6, 1-17 уч.нед.                 | 30                           |
| Выполнение домашней работы №1   | 6, 2-4 уч.нед.                  | 10                           |
| Выполнение домашней работы №2   | 6, 4-6 уч.нед.                  | 10                           |
| Выполнение домашней работы №3   | 6, 6-8 уч.нед.                  | 10                           |
| Выполнение домашней работы №4   | 6, 8-10 уч.нед.                 | 10                           |
| Выполнение домашней работы №5   | 6, 10-12 уч.нед.                | 10                           |
| Выполнение домашней работы №6   | 6, 12-14 уч.нед.                | 10                           |
| Выполнение домашней работы №7   | 6, 14-16 уч.нед.                | 10                           |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек. = 0.4   |                                 |                              |
| Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен   |                                 |                              |
| Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек. = 0.6                                  |                                 |                              |
| 2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – к прак. = 0.5 |                                 |                              |
| Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях   | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Посещение практических занятий  | 6, 1-17 уч.нед.                 | 10                           |
| Подготовка к коллоквиуму 1  | 6, 2-4 уч.нед.                  | 30                           |
| Подготовка к коллоквиуму 2  | 6, 8-10 уч.нед.                 | 30                           |
| Подготовка к коллоквиуму 3  | 6, 12-14 уч.нед.                | 30                           |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1                              |                                 |                              |
| Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено  |                                 |                              |
| 3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – к лаб. = 0.1                          |                                 |                              |
| Текущая аттестация на лабораторных занятиях   | Сроки – семестр,                | Максимальная                 |

|  |                 |                 |
|--|-----------------|-----------------|
|  | учебная неделя  | оценка в баллах |
| Выполнение лабораторных работ  | 6, 1-17 уч.нед. | 100             |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1 |                 |                 |
| Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрено                       |                 |                 |

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы – не предусмотрено**

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)**

|  |  |
|--|--|
| Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина) | Коэффициент значимости результатов освоения модуля в семестре – к сем. п |
| Семестр 6  | к сем. 6=1   |

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1.Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. Базаров, Иван Павлович. Термодинамика : Учебник для ун-тов / И. П. Базаров .— 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1991 .— 375 с. : ил. ; 21 см .— рекомендовано в качестве учебного пособия. 7 экз
2. Кириллин, Владимир Алексеевич. Техническая термодинамика : Учебник для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, В.Е. Шейндлин .— 4-е изд. — М. : Энергоатомиздат, 1983 .— 416с. — допущено в качестве учебника. 27 экз

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Базаров, Иван Павлович. Заблуждения и ошибки в термодинамике / И. П. Базаров .— Изд. 2-е, испр. — Москва : УРСС, 2003 .— 120 с. : ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 112-115 (46 назв.). — ISBN 5-354-00391-1. 5 экз
2. Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика : Учеб. пособие для студентов втузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов .— 3-е изд., испр. — М. : Высшая школа, 2003 .— 261 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 255 (20 назв.). — ISBN 5-06-004344-4 : 78.94. 33 экз

#### **7.1.3. Методические разработки**

1. Лойко А. Э., Термодинамика: практика: учебное пособие / А. Э. Лойко, Г. П. Николаев, К. И. Корякин. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 59 с.
2. Термодинамика: Лабораторные работы 1, 2, 3 / Г. П. Николаев, А. Я. Купряжкин, А. Э. Лойко, К. И. Корякин. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2007. 39 с.
3. Термодинамика: лабораторные работы 4, 5, 6 / С. Т. Барашкин, П. Г. Зыков, А. Э. Лойко, К. И. Корякин. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2008. 43 с.
4. Термодинамика: учеб. пособие / Г. П. Николаев, А. Э. Лойко. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009. 190 с.

### **7.2.Программное обеспечение**

1. MS Office (v. 2007 и выше).

### **7.3.Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы**

1. Википедия – свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Зональная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека: <http://www.gpntb.ru>
4. Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию: <http://window.edu.ru/library>

5. Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:  
<http://www.informika.ru/projects/infotech/window/>

#### 7.4. Электронные образовательные ресурсы

«не используются»

#### 7.5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обучение проводится последовательно путем чтения лекций с углублением и закреплением полученных знаний в ходе самостоятельной работы с последующим переводом знаний в умения в ходе практических занятий. На лекциях излагаются лишь основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения вопросы. Теоретические знания, полученные студентами на лекциях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются на практических занятиях и лабораторных работах.

### 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

| Компоненты компетенций | Признаки уровня освоения компонентов компетенций   |   |  |
|------------------------|--|---|--|
|                        | пороговый  | повышенный  | высокий  |
| <b>Знания</b>          | Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации. | Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях. | Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях. |
| <b>Умения</b>          | Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов,  | Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в   | Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий). |

|                                | в предсказуемо<br>изменяющейся ситуации.   | непредсказуемо<br>изменяющейся<br>ситуации.   |   |
|--------------------------------|--|---|---|
| <b>Личностные<br/>качества</b> | Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу. | Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность. | Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход. |

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

**8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий**  
: «не предусмотрено»

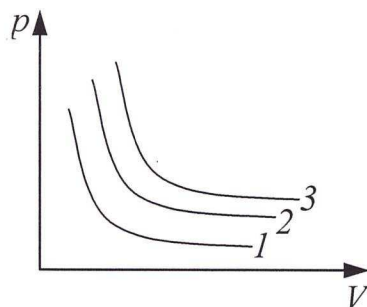
**8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**  
«не предусмотрено»

**8.3.3. Примерные контрольные кейсы**  
«не предусмотрено»

**8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета**  
«не предусмотрено»

**8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Для какого процесса элементарное количество теплоты простой системы с параметрами  $p$ ,  $V$ ,  $T$  является полным дифференциалом?
2. В каком случае подведенная к системе теплота расходуется только на увеличение внутренней энергии системы?
3. Приведите физическое обоснование большей крутизны адиабаты относительно изотермы на  $p - V$  диаграмме.
4. Какие изотермы на рисунке соответствуют максимальной и минимальной температурам?



5. Приведите примеры обобщенных сил и соответствующих им обобщенных координат.
6. Покажите, что для газа, давление которого при постоянном объеме изменяется пропорционально абсолютной температуре, энтропия возрастает с увеличением объема.
7. Приведите примеры процессов, при которых энтропия изолированной системы возрастает.
8. Можно ли перевести газ в жидкое состояние путем его сжатия при температуре выше критической?
9. К каким параметрам (интенсивным или экстенсивным) относятся: давление, объем, теплоемкость, химический потенциал, внутренняя энергия и теплота?
10. Какого самое важное свойство функции состояния?
11. Как изменится значение давления газа на стенку по сравнению с идеальным газом, если принять во внимание: а) силы притяжения между молекулами; б) размеры молекул?
12. В каких системах отсутствует теплообмен с другими системами?
13. Дифференциалы каких термодинамических потенциалов можно использовать для определения давления?
14. Каким образом насыщенный пар можно перевести в перегретый?
15. Что происходит при уменьшении объема насыщенного пара при постоянной температуре?
16. Подразделите следующие процессы на фазовые переходы первого и второго рода: испарение, сублимация, фазовые переходы, сопровождающиеся скачком теплоемкости; процессы с поглощением или выделением тепла.
17. С какими факторами на молекулярном уровне связана скрытая теплота фазового перехода?
18. Какой точке соответствует максимум бинодали на  $p - V$  диаграмме?
19. Почему в критическом состоянии флуктуации плотности могут достигать очень больших значений?
20. Почему переохлажденный пар и перегретая жидкость называются метастабильными состояниями?
21. Какие соображения позволяют выбрать давление, при котором в координатах  $p - V$  должна быть проведена горизонтальная изотерма, соответствующая двухфазному состоянию?
22. По скольким реперным точкам определяется абсолютная термодинамическая шкала температур?
23. При каких условиях форма Пфаффа является полным дифференциалом?
24. Укажите процессы, рассматриваемые как непрерывная последовательность равновесных состояний системы: цикл Карно, равновесный, неравновесный, квазистатический и обратимый процессы.
25. Почему адиабатный и изотермический процессы, используемые в цикле Карно с идеальным газом, с точки зрения совершения работы являются наиболее выгодными?
26. Укажите особенности цикла Карно.
27. Показать, что для прямого обратимого цикла его площадь соответствует работе, производимой тепловым двигателем, реализующем этот цикл.
28. Почему температура  $0 \text{ K}$  не может быть достигнута посредством конечного числа операций?
29. Объясните, почему капли жидкости имеют шарообразную форму.
30. В какой вид энергии превращается работа, подводимая к тепловому насосу или холодильной машине?

текущей и промежуточной аттестации  
«не используются»

**8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**  
«не используются»

**8.3.8. Интернет-тренажеры**  
«не используются»

**8.3.9. Примерные задания в составе домашних работ**

В рамках домашней работы предусмотрено самостоятельное изучение студентом литературы по выбранной тематике из списка тем в п.4.3.1 и выполнение самостоятельного задания на эту тему. Например:

1. Изучение понятия температуры, эмпирических температурных шкал, шкалы Цельсия, Фаренгейта, Реомюра.
2. Написание отчета по изученному материалу.

**8.3.10. Примерные задания в составе коллоквиума**

В рамках коллоквиума предусмотрен письменный ответ студента на один из вопросов по выбранной тематике из списка тем, указанных в п.4.3.9. Например, тема: Первоначальные понятия. Терминология. Первое начало термодинамики. Вопрос 1. Первое начало термодинамики. В процессе ответа студент должен сформулировать закон в дифференциальной и интегральной формах, привести примеры частных случаев.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**9.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Лекции проводятся в аудитории Ф-112 или Ф-114, оснащенной доской, проектором с использованием мобильного компьютера (ноутбука) и экраном для демонстрации учебных материалов.

Все лабораторные работы проводятся в аудитории Ф-112 с установленным оборудованием, включающем экспериментальные установки.

## 10. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Номер листа изменений | Номер протокола заседания кафедры | Дата заседания кафедры | Всего листов в документе | Подпись ответственного за внесение изменений |
|-----------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|--|
|                       |                                   |                        |                          |  |
|                       |                                   |                        |                          |  |
|                       |                                   |                        |                          |  |
|                       |                                   |                        |                          |  |
|                       |                                   |                        |                          |  |
|                       |                                   |                        |                          |  |
|                       |                                   |                        |                          |  |
|                       |                                   |                        |                          |  |