



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Промышленная теплоэнергетика  
(Название образовательной программы)

  
(подпись)

К.А. ШТЫМ  
(Ф.И.О.)

«16» мая 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

Теплоэнергетики и теплотехники  
(название кафедры)

  
(подпись)

К.А. ШТЫМ  
(Ф.И.О.)

«16» мая 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

«Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена»

Направление 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

профиль "Промышленная теплоэнергетика"

Форма подготовки: очная

курс 2 семестр 3, 4

лекции 54 час.

лабораторные работы 0 час.

практические занятия 0 час.

в том числе с использованием МАО лек.24/ пр.0/лаб.0 - 24 час.

всего часов аудиторной нагрузки 54 час.

самостоятельная работа 126 час.

курсовая работа / курсовой проект - не предусмотрены

экзамен не предусмотрен

зачет 3, 4 семестры

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 878

Рабочая программа обсуждена на заседании Теплоэнергетики и теплотехники, протокол № 7/1 от «16» мая 2019 г.

Заведующий кафедрой теплоэнергетики и теплотехники К.А. Штым

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ К.А. ШТЫМ

(подпись)

(И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

### рабочей программы учебной дисциплины

#### «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена»

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.4 «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе аспирантуры по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника», профилю «Промышленная теплоэнергетика» и входит в вариативную часть учебного плана.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия 54 часов, в том числе 24 часов с использованием методов активного обучения, самостоятельная работа 126 часов. Форма контроля – зачет в 3 и 4 семестрах. Дисциплина реализуется на втором курсе в третьем-четвертом семестрах.

Дисциплина «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена» связана с основными положениями дисциплин «Теплообменные процессы на электростанциях», «Гидродинамические процессы на электростанциях», кроме этого аспиранты должны усвоить следующие дисциплины и разделы фундаментальных наук: техническая термодинамика, гидрогазодинамика, тепломассообмен, теория горения.

**Цель** дисциплины – «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена» состоит в получении углубленных знаний по теоретическим основам классической термодинамики и законам теплопередачи, грамотной оценки тепловых явлений в системах и агрегатах, термодинамические исследования процессов и циклов тепловых машин, приобретение знаний о закономерностях распространения тепла в различных средах, подготовка к усвоению основных положений теории теплообмена.

**Задачи** дисциплины:

- освоение принципов анализа и совершенствования процессов теплообмена;

- получение навыков работы с техническими и программными средствами оценки тепловых процессов;
- изучение методов оптимизации сложных теплотехнических систем.

**В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие универсальные компетенции (элементы компетенций)**

| Код и формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенции |  |
|--|--------------------------------|--|
| ОПК-3 – Обладает способностью к разработке и использованию современных методов научного исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности   | Знает                          | методы реализации научно-исследовательской деятельности в области теоретической и общей теплотехники, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий  |
|  | Умеет                          | планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий  |
|  | Владеет                        | современными методами исследования, а также средствами информационно-коммуникационных технологий, необходимыми для осуществления научно-исследовательской деятельности в области теоретической электротехники  |
| ПК - 2 владение новыми современными методами и средствами измерений термодинамических и переносных свойств систем, уметь раскрывать термодинамическую сущность процессов в сложных системах, выполнять термодинамические | Знает                          | механизмы и законы переноса теплоты; методы анализа процессов теплообмена; понятие о сложном теплообмене; элементы теории подобия и ее применение при изучении процессов переноса;   |
|  | Владеет                        | определением параметров рабочих тел при реализации различных механизмов теплообмена; методами определения физико-химических и теплофизических свойств для расчета термодинамических и теплообменных процессов; основами проектирования теплообменных установок на основе законов передачи тепла; методиками выбора и расчёта теплообменных аппаратов в соответствии с требованиями, предъявляемые к теплообменному оборудованию. |

|  |       |  |
|--|-------|--|
| расчеты фазовых равновесий в сложных системах. | Умеет | проводить анализ процессов тепло и массопереноса в теплотехнических агрегатах; рассчитывать основные параметры процессов теплопереноса; грамотно выбирать оптимальные технологические режимы работы оборудования и наиболее рациональные типы аппаратов; обеспечивать оптимальные условия протекания процессов; эффективно пользоваться справочной литературой, стандартами, ТУ и справочными материалами; |
|--|-------|--|

Интерактивные формы обучения составляют 24 часа и включают в себя проблемные лекции, дискуссии, коллоквиумы, онлайн семинары-обсуждения.

## **1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (54 часа)**

**Раздел 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы и циклы (20 часов)**

Занятия проводятся с использованием метода интерактивного обучения – «Лекция-визуализация» (20 час). Содержание лекций представляется как демонстрационный материал (структурные и функциональные схемы, графики, таблицы), который дополняет словесную информацию и/или выступает ее носителем.

Тема 1. Предмет технической термодинамики и ее методы. Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Уравнение состояния. Теплота и работа как формы передачи энергии. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы (циклы).

Тема 2. Теплоемкость. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Формулы и таблицы для определения теплоемкости. Теплоемкость смеси рабочих тел. Смеси рабочих тел. Способы задания состава смеси,

соотношения между массовыми и объемными долями. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение давлений компонентов

Тема 3. Работа и ее свойства как термодинамической функции процесса. Система координат  $P - V$  и ее свойства. Работа проталкивания и техническая работа. Выражение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния. Два класса термодинамических функций и их общие свойства. Сущность первого закона термодинамики. Формулировка первого закона термодинамики Аналитическое выражение первого закона термодинамики для изотропных процессов. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Система координат  $T-S$  и её свойства.

## **Раздел 2. Термодинамические процессы в реальных газах и парах (4 часа)**

Тема 1. Задача и последовательность анализа газовых процессов. Анализ основных (изохорного, изобарного, изотермического и адиабатного) процессов. Изображение в координатах  $PV$  и  $TS$ . Вывод уравнения политропного процесса, его аналитический и графический анализ.

Тема 2. Определения прямого и обратного обобщенных циклов, примеры их осуществления и оценка эффективности. Двухфазные системы. Понятие фазового состояния и фазового перехода. Анализ процессов фазового перехода на примере водяного пара. Процессы парообразования в  $PV$  и  $TS$  координатах

Тема 3. Определение параметров рабочего тела в двухфазной системе. Тройная точка. Исследования основных процессов в  $H-S$  диаграмме водяного пара.

Тема 4. Газовые смеси. Основные характеристики газовых смесей. Способы задания газовых смесей. Определение параметров смесей. Влажный воздух. Определение понятия "влажный воздух". Основные величины, характеризующие состояние влажного воздуха.  $h_d$  - диаграмма влажного

воздуха. Расчет основных процессов влажного воздуха (подогрев, сушка и др.)

### **Раздел 3. Второй закон термодинамики (2 часа)**

Тема 1. Цикл Карно. Прямой цикл Карно как эталонный термодинамический цикл, КПД цикла Карно, теорема Карно. Обратный цикл Карно и холодильный коэффициент.

Тема 2. Второй закон термодинамики. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Основные формулировки второго закона термодинамики.

Тема 3. Понятие об эксергии. Аналитическое выражение первого и второго начал термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

Тема 4. Энтальпия замкнутой термодинамической системы.

### **Раздел 4. Термодинамический анализ процессов в компрессоре (4 час)**

Тема 1. Одноступенчатый компрессор. Идеальная диаграмма работы компрессора. Определение параметров основных процессов сжатия.

Тема 2. Реальные процессы в одноступенчатом компрессоре. Действительная диаграмма работы одноступенчатого компрессора, определение затрачиваемой работы и мощности привода.

Тема 3. Многоступенчатые компрессоры. Многоступенчатые компрессоры, особенности их работы и расчета.

### **Раздел 5. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) (4 часа)**

Тема 1. Принцип действия поршневых ДВС. Цикл с изохорным подводом теплоты. Изображение цикла в  $PV$  и  $TS$  диаграммах.

Тема 2. Термодинамический КПД цикла, достоинства и недостатки двигателей работающих по циклу с подводом тепла при постоянном объеме. Цикл с изобарным подводом теплоты. Изображение цикла в  $PV$  и  $TS$  диаграммах.

Тема 3. Термодинамический КПД цикла, достоинства и недостатки двигателей работающих по циклу с подводом тепла при постоянном давлении. Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение цикла в PV и TS диаграммах.

Тема 4. Термодинамический КПД цикла, достоинства и недостатки двигателей работающих по циклу со смешанным подводом тепла. Термодинамическое сравнение циклов ДВС Выводы.

### **Раздел 6 Циклы паросиловых установок (4 часа)**

Тема 1. Принципиальная схема паросиловой установки. Схема и цикл Карно паросиловой установки, его недостатки.

Тема 2. Цикл Ренкина и его исследование. Схема и цикл Ренкина паросиловой установки. Определение основных параметров в цикле Ренкина. Оценка эффективности в цикле. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина.

Тема 3. Изображение цикла в PV, TS и HS диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Регенерация теплоты в цикле Ренкина.

### **Раздел 7. Циклы холодильных установок и трансформаторов тепла (4 часа)**

Тема 1. Классификация холодильных установок. Рабочие тела. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл Карно холодильной установки. Отображение на диаграммах PV и TS. Цикл воздушной холодильной установки. Отображение на диаграммах PV и TS. Оценка эффективности цикла.

Тема 2. Достоинства и недостатки воздушной холодильной машины. Понятие об абсорбционных и парожеторных холодильных установках. Оценка эффективности. Достоинства и недостатки.

Тема 3. Термотрансформаторы. Сущность термотрансформации,

коэффициент преобразования теплоты. Циклы понижающего и повышающего термотрансформатора. Циклы совместного получения теплоты и холода.

## **Раздел 8. Теплопроводность (4 часа)**

Тема 1. Основные положения учения о теплопроводности. Механизм передачи теплоты в различных телах. Температурный градиент.

Тема 2. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье – Кирхгофа, условия однозначности.

Тема 3. Коэффициент температуропроводности. Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок.

Тема 4. Основные зависимости нестационарных процессов. Основные случаи нестационарной теплопроводности. Регулярный тепловой режим.

## **Раздел 9. Конвективный теплообмен (4 часа)**

Тема 1. Физическая сущность конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона-Рихмана. Дифференциальное уравнение теплообмена: Фурье-Кирхгофа, теплоотдачи на границе потока, Навье-Стокса и неразрывности. Основные положения теории пограничного слоя.

Тема 2. Основы теории подобия и моделирования. Условия подобия физических явлений. Первая теорема подобия. Вторая теорема подобия. Критериальные уравнения. Определяющие критерии. Третья теорема подобия. Физический смысл основных критериев подобия процесса теплоотдачи.

Тема 3. Основные случаи теплообмена. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубках круглого и некруглого сечения. Естественная конвекция у горизонтальных труб.

Тема 4. Теплообмен при кипении жидкости и конденсации пара,

кризисы кипения. Использование уравнений подобия для расчетов процессов конвективного теплообмена.

## **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Раздел 10. Теплообмен излучением, теплопередача, основы расчета теплообменных аппаратов (4 часа)**

Занятия проводятся с использованием метода интерактивного обучения - «Коллективные решения творческих задач». Цель: найти «правильное» решение, основанное на своем персональном опыте и опыте своего коллеги. На организационном этапе студенты разбиваются на малые группы по 2-3 человека. Происходит обсуждение на уровне группы, формулируется общее мнение малой группы. На подготовительном этапе формируется оценочное суждение по предлагаемой позиции каждой малой группы и сравнивается с предлагаемыми позициями других групп. На основном этапе формулируется общее мнение, выражающее совместную позицию по творческому заданию. Выполняется задание. Оценивается достоверность и эффективность выбранных путей решения.

Тема 1. Общие понятие и определения, баланс лучистого теплообмена. Излучение реальных тел. Виды лучистых потоков. Законы теплового излучения. Закон Планка. Закон Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта. Лучистый теплообмен между телами. Теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой. Теплообмен излучением между телами произвольно расположенными в пространстве.

Тема 2. Сложный теплообмен и теплопередача. Основные определения и понятия. Основные подходы при расчете сложного теплообмена. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Понятие термического сопротивления. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку. Исходные данные к решению задачи. Граничные условия. Составление уравнения теплопередачи для плоской и

цилиндрической стенки с учетом граничных условий. Тепловая изоляция. Назначение, основные свойства. Выбор тепловой изоляции для труб. Понятие критического диаметра.

Тема 3. Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Конструктивный и проверочный расчет теплообменных аппаратов. Основные схемы движения теплоносителей. Определение среднего температурного напора.

### 3. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

#### «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена»

| № п/п | Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины   | Коды и этапы формирования компетенций |         | Оценочные средства - наименование |                          |
|-------|--|---------------------------------------|---------|-----------------------------------|--------------------------|
|       |  |                                       |         | текущий контроль                  | промежуточная аттестация |
| 1     | Раздел 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы и циклы | ОПК-3                                 | знает   | УО-1                              | 1-20                     |
|       |  |                                       | умеет   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-1                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-1                              |                          |
| 2     | Раздел 2. Термодинамические процессы в реальных газах и парах  | ОПК-3                                 | знает   | УО-1                              | 21-40                    |
|       |  |                                       | умеет   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-1                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-1                              |                          |
| 3     | Раздел 3. Второй закон термодинамики.  | ОПК-3                                 | знает   | УО-2                              | 41-60                    |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
|       | Зачет по дисциплине  | ОПК-3                                 | знает   | УО-2                              | 1-60                     |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
| 4     | Раздел 4.  | ОПК-3                                 | знает   | УО-2                              | 60-70                    |

|    |   |       |         |          |       |
|----|---|-------|---------|----------|-------|
|    | Термодинамический анализ процессов в компрессоре  | ПК-2  | умеет   | УО-2     |       |
|    |   |       | владеет | УО-2     |       |
|    |   |       | знает   | УО-2     |       |
|    |   |       | умеет   | УО-2     |       |
|    |   |       | владеет | УО-2     |       |
| 5  | Раздел 5. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС)                         | ОПК-3 | знает   | УО-3     | 71-82 |
|    |   |       | умеет   | УО-3     |       |
|    |   |       | владеет | УО-3     |       |
|    |   | ПК-2  | знает   | УО-3     |       |
|    |   |       | умеет   | УО-3     |       |
| 6  | Раздел 6 Циклы паросиловых установок  | ОПК-3 | знает   | УО-1     | 1-20  |
|    |   |       | умеет   | УО-1     |       |
|    |   |       | владеет | УО-1     |       |
|    |   | ПК-2  | знает   | УО-1     |       |
|    |   |       | умеет   | УО-1     |       |
| 7  | Раздел 7. Циклы холодильных установок и трансформаторов тепла                           | ОПК-3 | знает   | УО-1     | 21-40 |
|    |   |       | умеет   | УО-1     |       |
|    |   |       | владеет | УО-1     |       |
|    |   | ПК-2  | знает   | УО-1     |       |
|    |   |       | умеет   | УО-1     |       |
| 8  | Раздел 8. Теплопроводность .  | ОПК-3 | знает   | УО-2     | 41-60 |
|    |   |       | умеет   | УО-2     |       |
|    |   |       | владеет | УО-2     |       |
|    |   | ПК-2  | знает   | УО-2     |       |
|    |   |       | умеет   | УО-2     |       |
| 9  | Раздел 9. Конвективный теплообмен   | ОПК-3 | знает   | УО-2     | 60-70 |
|    |   |       | умеет   | УО-2     |       |
|    |   |       | владеет | УО-2     |       |
|    |   | ПК-2  | знает   | УО-2     |       |
|    |   |       | умеет   | УО-2     |       |
| 10 | Раздел 10. Теплообмен излучением, теплопередача, основы расчета теплообменных аппаратов | ОПК-3 | знает   | УО-3     | 71-82 |
|    |   |       | умеет   | УО-3     |       |
|    |   |       | владеет | УО-3     |       |
|    |   | ПК-2  | знает   | УО-3     |       |
|    |   |       | умеет   | УО-3     |       |
| 6  | Зачет по дисциплине   | ОПК-3 | знает   | УО-1,2,3 | 60-82 |
|    |   |       | умеет   | УО-1,2,3 |       |

|  |      |         |          |
|--|------|---------|----------|
|  |      | знает   | УО-1,2,3 |
|  | ПК-2 | знает   | УО-1,2,3 |
|  |      | умеет   | УО-1,2,3 |
|  |      | владеет | УО-1,2,3 |

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

#### **4. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **Основная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Новиков И.И. Термодинамика. — СПб.: Лань, 2009. — 590 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=286](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=286)
2. Брюханов О.Н. Тепломассообмен: Учеб.пособие для вузов / О.Н.Брюханов, С.Н.Шевченко – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во: ИНФРА. – М. - 2013. – 464 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:703400&theme=FEFU>
3. Д.Н.Балабин. Теплопередача: учеб. пособие / Балабин Д.Н., Юдаков А.А., Цыбульская О.Н. – Владивосток: Изд-во: ДВГТУ, 2008 г. – 274с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:384580&theme=FEFU>
4. Дубинин А.М. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий/ А.М.Дубинин, Н.Ф.Филипповский - ЕКБ: Уральский государственный технический университет, 2007. - 116с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663246&copies-sort=6+desc&theme=FEFU>

5. ШТЫМ А.Н. Котельные установки с циклонными предтопками/ А.Н.ШТЫМ, К.А.ШТЫМ, Е.Ю.Дорогов. - Владивосток: Изд. Дом ДВФУ, 2012г., 420с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:685705&theme=FEFU>

6. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А.Кудинов, С.К.Зиганшина. — М.: Машиностроение, 2011. — 376 с./ [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2014](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2014)

#### **Дополнительная литература:**

1. Комаровски Л.В. Газовая динамика/ Л.В.Комаровски. - Томск.: Изд-во Томского университета, 1977. - 140с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:118592&theme=FEFU>

2. Бузник В.М. Судовые парогенераторы/В.М.Бузник, И.М.Бузник. - Ленинград: Судостроение,1970 г. – 479 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:685862&theme=FEFU>

3. Щегляев А.В. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин: Учебник/ А.В.Щегляев – М.: Энергия, 1976. – 368с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:326531&theme=FEFU>

4. Исаченко В. П. Теплопередача: учебник для вузов / В.П.Исаченко, В.А.Осипова, А.С.Сукомел, М.: Энергоиздат, 1981, 417 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381664&theme=FEFU>

5. Гончаров С.А. Термодинамика. — М.: Горная книга, 2002. - 439 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3463](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3463) .

6. Страхович К.И. Гидро- и газодинамика / К.И.Страхович - М.: Наука, 1980. – 301 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:666064&theme=FEFU>

7. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы учебник для вузов / В.П.Преображенский. – М.: Энергия, 1978. - 703 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:412292&theme=FEFU>

8. Сидельковский Л.Н. Парогенераторы промышленных предприятий/ Л.Н.Сидельковский, В.Н.Юренев. - Москва: Энергия, 1978 г. – 336 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:380610&theme=FEFU>

9. Нигматулин И.Н. Тепловые двигатели/ И.Н.Нигматулин, П.Н.Шляхин, В.А.Ценев – М.: Высшая школа, 1974. – 375 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:315529&theme=FEFU>

10. Бальян С.В. Техническая термодинамика и тепловые двигатели/ С.В.Бальян, - Л.: Машиностроение, 1973. – 302 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:326490&theme=FEFU>

11. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины/ А.Д.Трухний – М.: МЭИ, 1990. – 640 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:681185&theme=FEFU>

12. Антропов Г.В. Теплопроводность: Учеб.пособие по курсу "Тепломассообмен" для студентов теплотехн.спец./ Г.В.Антропов, Ю.И.Акимов, А.В.Васильев - Саратовский гос.техн.ун-т, - Саратов, 1995, 84 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:374081&theme=FEFU>

13. Юдаев Б.Н. Теплопередача: учебник / Б.Н.Юдаев, - Москва: Высшая школа, 1973. - 359 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:315551&theme=FEFU>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1. Хранилище чертежей. Ресурс со всей необходимой информацией о чертежах (учебные пособия, ГОСТы, СНиПы, справочник сталеи, практические советы), Электронные учебные пособия по обработке металлов. <http://4ertim.com/>

2. Материалы для проектирования. Материалы по строительству и машиностроению. Нормативная документация, литература по САПР, AutoCAD и по соответствующим темам. <http://dwg.ru/dnl/>

3. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>

4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России

<http://www.gpntb.ru/>

5. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

**Нормативно-правовые материалы:**

Программный комплекс «Консультант Плюс»

Программный комплекс ИС Техэксперт: 6.0.

**Перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:**

Программное обеспечение, доступное студентам для выполнения индивидуальных заданий, а также для организации самостоятельной работы:

| Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест | Перечень программного обеспечения  |
|--|--|
| Компьютерный класс кафедры Теплоэнергетики и теплотехники, Ауд. Е-559 а, Ауд. Е-559 г, 24                        | <ul style="list-style-type: none"><li>- Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18.</li><li>- Компас-3D договор 15-03-53 от 02.12.2015 Полная версия - Компас 3D v17. Key 566798581 (Vendor 46707). Количество лицензий 250 штук.</li><li>- SolidWorks Campus 500 сублицензионные договор №15-04-101 от 23.12.2015 Срок действия лицензии бессрочно. Количество лицензий – 500 штук.</li><li>- Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</li><li>- InDesign CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</li><li>- Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</li><li>- Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</li><li>- ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018.</li></ul> |

|  |   |
|--|---|
|  | - AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2<br>- Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012. |
|--|---|

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение лекционного материала, практических занятий и самостоятельной работы студентов направлено на углубленное изучение дисциплины «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена», получение необходимых компетенций, позволяющих осуществлять проектирование тепловых электростанций, выбор компоновочных решений размещения оборудования в здании электростанции и на генплане и расчета монтажных показателей и времени монтажа электростанций.

В лекционном материале изложены принципы методов монтажа и ремонта оборудования тепловых электростанций. Рассматривается подход к выбору компоновочных решений оборудования электростанции, места расположения и генплана электростанции в целом. Отдельно рассматривается система технического обслуживания и ремонта оборудования электростанции.

На практических занятиях студенты реализуют принципы решения проектных задач, полученных на лекциях. Прорабатывают варианты компоновки оборудования тепловых электростанций, получают навыки оптимизации схем, углубленно изучают профессиональные программы расчетов на ПК, составляют собственные программы для расчетов при решении задач проектирования, графического изображения чертежей на ПК.

Лекции должны проходить в мультимедийных аудиториях (E934, E933, E433).

Практические занятия в компьютерном классе с мультимедийным оборудованием (E559 а, г). Студентам разрешается приносить на занятия свои ноутбуки и соответствующие гаджеты.

На первом занятии студенты получают задание, знакомятся с примерами формирования расчетов, во время занятия у студентов формируется представление о правильном выборе и размещении основного оборудования и вспомогательного оборудования тепловой электростанции, удобном не только для его монтажа, но и процесса эксплуатации. В конце занятия студенты получают задание для самостоятельной работы и подготовке к следующему занятию.

Аналогично проходят все остальные практические занятия.

Практически на каждом занятии студенту предлагается сделать сообщение, в котором он обосновывает принятое им решения при проектировании. Другие студенты задают вопросы, делают комментарии, замечания, предложения. Оцениваются знания, как докладчика, так и оппонентов. Это мотивирует студентов проявлять высокую активность, более глубоко и широко изучать предложенные вопросы, а не замыкаться на собственном задании. Выступления студентов формируют навыки профессионального мышления, закрепляют профессиональную лексику, учат отстаивать принятые решения или соглашаться с лучшими предложениями.

Если студент не подготовил сообщение к текущему занятию, то он может перенести их на следующее, но представляемый материал должен содержать информацию, как предыдущего занятия, так и текущего.

Наилучшей рекомендацией студенту – это подготовка к каждому занятию, что будет соответствовать плану выполнения работы, выдерживать технологию изучения дисциплины. В процессе обучения формируется рейтинг студентов, позволяющий дать оценку их знаний и представить в промежуточной аттестации.

Кроме занятий предусмотрены еженедельные консультации ведущего преподавателя, с помощью которых студент может разрешить проблемы, возникшие у него при подготовке к текущему занятию или в процессе расчета и проектирования тепловой схемы.

Студенты получают по дисциплине в электронном виде:

Конспект лекций по дисциплине;

Программу практических занятий;

Полное собрание свода правил (СП), собрание СНиПов, справочную, учебную и научную литературу, необходимых при расчете и проектировании курсовой работы;

Электронные и печатные каталоги оборудования, которые имеются на кафедре.

Студент пользуется электронной базой библиотеки ДВФУ, кафедры и ведущего преподавателя.

В случае, если студент не набрал достаточно баллов в рейтинге, или его не устраивает оценка, которую он получил в результате систематической работы, то он готовится к экзамену по вопросам, которые охватывают объем знаний, предусмотренных дисциплиной «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена». К экзамену студент может быть допущен, если у него выполнены все задания по практическим занятиям и сдана курсовая работа по этой дисциплине.

Успешное усвоение курса предполагает активное, творческое участие студента на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. *Общие рекомендации:* изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы и разработок, указанных в программе, особое внимание уделяется целям, задачам, структуре и содержанию курса. *Работа с конспектом лекций.* Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Важно проводить дополнительную работу с текстом конспекта: внимательно прочитать его; дополнить записи материалами из других источников, рекомендованных преподавателем; выделить все незнакомые понятия и термины и в дальнейшем поместить их в словарь. Наличие словаря определяет степень готовности студента к экзамену и работает как допуск к заключительному этапу аттестации. Необходимо систематически готовиться к практическим занятиям, изучать рекомендованные к прочтению статьи и другие материалы. Методический материал, обеспечивает рациональную организацию самостоятельной работы студентов на основе систематизированной информации по темам занятий курса. Практика – один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. В условиях высшей школы практика – один из видов практических занятий, проводимых под руководством преподавателя, ведущего научные исследования по тематике практики и являющегося знатоком данной проблемы или отрасли научного знания. Практика предназначается для углубленного изучения той или иной дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки. Можно отметить, однако, что при изучении дисциплины в вузе практика является не просто видом практических занятий, а, наряду с лекцией, основной формой учебного процесса. Ведущей дидактической целью практических занятий является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умений работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием практических занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы ведения занятия является совместная работа преподавателя и студентов над решением практических задач, а сам поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности. Оценка

производится через механизм совместного обсуждения, сопоставления предложенных вариантов ответов с теоретическими и эмпирическими научными знаниями, относящимися к данной предметной области. Это ведет к возрастанию возможностей осуществления самооценки собственных знаний, умений и навыков, выявлению студентами «белых пятен» в системе своих знаний, повышению познавательной активности.

Университет обеспечивает учебно-методическую и материально-техническую базу для организации самостоятельной работы студентов.

Библиотека университета обеспечивает:

- учебный процесс необходимой литературой и информацией (комплектует библиотечный фонд учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с учебными планами и программами, в том числе на электронных носителях);
- доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

Кафедра:

- обеспечивает доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
- разрабатывает: учебно-методические комплексы, программы, пособия, материалы по учебным дисциплинам в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами;
- методические рекомендации, пособия по организации самостоятельной работы студентов;
- задания для самостоятельной работы;
- темы рефератов и докладов;
- вопросы к экзаменам и зачетам.

Изучение каждой дисциплины заканчивается определенными методами контроля, к которым относятся: текущая аттестация, зачеты и экзамены. Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при

занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. При подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Первоначально следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена»**

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по практике, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ:

| <b>Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы</b> | <b>Перечень основного оборудования</b>  |
|--|---|
| Лаборатория горения L 617, L 619, L 620  | Камера высокоскоростная Photron (монохромная) FASTCAM SA-Z Model 480K M4 (моно, 64ГБ), Комплект конвертеров на основе термостойкого композиционного |

|  |  |
|--|--|
|  | сплава для пористой горелки, Спектрометр автоматизированный ИК Фурье ФТ-801, Шкаф вытяжной для муфельных печей ЛАБ-1600 ШВп, Шкаф вытяжной для работы с кислотами ЛАБ-РРО-ШВК 150.85.240, комплект напорометров, микроанометров, термометров, регуляторов, преобразователей, контроллеров.   |
| Лаборатория гидрогазодинамики и моделирования, ауд. Е 559            | Лабораторная установка «Изучение аэродинамики вихревых камер», Аэродинамическая труба, Лабораторная установка "Подъемная сила и гидродинамическое сопротивление (сопротивление потоку)", Микрометр гладкий цифровой ЗУБР ЭКСПЕРТ 34482-75, Термометр контактный ТК-5. 09 без зондов, комплект напорометров, микроанометров, термометров, регуляторов, преобразователей, контроллеров.  |
| Лаборатория термодинамики и теплообмена, ауд. Е559 б                 | Лабораторная установка "Уравнение состояния и критическая точка", Лабораторная установка "Эффект Джоуля-Томсона", Лабораторная установка "Измерение скорости звука в воздухе", Микрометр гладкий цифровой ЗУБР ЭКСПЕРТ 34482-75 Компрессор электрический SRL-7.5DMN5 (S/N=QC005894), Термометр контактный ТК-5. 09 без зондов, Стенд-тренажер "Тепловой насос-1", Установка "Изучение индикаторных диаграмм одноступенчатого поршневого компрессора", комплект напорометров, микроанометров, термометров, регуляторов, преобразователей, контроллеров. |
| Лаборатория теплоэнергетических измерений и энергоаудита, ауд. Е559а | Лабораторная установка «Изучение работы тяго-дутьевых машин», Газоанализатор Optima 7 с поверкой в комплектации, Микрометр гладкий цифровой ЗУБР ЭКСПЕРТ 34482-75, Термометр контактный ТК-5. 09 без зондов, термометр манометрические ТМ 2030Cr-1, Испытательный стенд, комплект напорометров, микроанометров, термометров, регуляторов, преобразователей, контроллеров.  |
| Лаборатория водоподготовки, ауд. Е559 в                              | Калориметр С6000 global standard версия 1/10, Автоматический цифровой измеритель плотности/удельного веса DA-640 , Kyoto Electronics, Весы лабораторные CAS модель CUW-6200 HV, Газоанализатор «Полар», Микрометр гладкий цифровой ЗУБР ЭКСПЕРТ 34482-75, Термометр контактный ТК-5. 09 без зондов, Установка для очистки воды, Гидродинамическая установка "Зевс", Установка УФ-обеззараживания "aguapro"SS316 60PM, Струйный деаэратор СВД-4.Ду50, Установка "Гидрофлоу" С-45, Умягчительная установка, Электродиализный модуль серия МХ,            |
| Компьютерный класс, Ауд. Е 559 г                                     | Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty  |
| Компьютерный класс, Ауд. Е 559 а                                     | Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty  |

|  |  |
|--|--|
| Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10) | Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty<br>Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.<br>Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками |
| Мультимедийная аудитория Е-933, Е-934, Е-433   | проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокмутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)   |

### Рейтинговая оценка по дисциплине

#### 1. Соотношение видов учебной деятельности студента, учитываемых в рейтинге по данной дисциплине

| №      | Виды учебной деятельности студентов, учитываемые в рейтинговой оценке | Вес в рейтинговой оценке, % |
|--------|---|-----------------------------|
| 1      | Посещение лекций и практических занятий.                              | 10                          |
| 2      | Выполнение и защита практических работ.                               | 30                          |
| 3      | Выполнение самостоятельной работы и ее защита.                        | 30                          |
| 4      | Экзамен.  | 30                          |
| Сумма: |   | 100%                        |

#### 2. Максимально возможные баллы

##### за виды контролируемой учебной деятельности студента, учитываемые в рейтинге

| № | Содержание вида контролируемой учебной деятельности | Единица измерения работы | Максимальное количество баллов за единицу выполненной работы |
|---|---|--------------------------|--|
| 1 | Посещение лекций.                                   | лекция                   | 0,5*9=4,5  |
| 2 | Посещение практических занятий.                     | занятие                  | 0,5*9=4,5  |
| 3 | Выполнение и защита практических работ.             | отчет                    | 5*6=30   |
| 4 | Выполнение самостоятельной работы и ее защита.      | задание                  | 6*5=30   |
| 5 | Экзамен.  | билет                    | 30   |

Перевод баллов в пятибалльную шкалу

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| отлично             | 85-100    |
| хорошо              | 71-84     |
| удовлетворительно   | 60-70     |
| неудовлетворительно | Меньше 60 |



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине**

**«Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена»**

Направление подготовки аспирантов: 13.06.01 «Электро- и теплотехника»,  
профиль «Промышленная теплоэнергетика»

Форма подготовки: очная

**Владивосток  
2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

| № п/п | Дата/сроки выполнения | Вид самостоятельной работы  | Примерные нормы времени на выполнение | Форма контроля |
|-------|-----------------------|---|---------------------------------------|----------------|
| 1     | 3 семестр             | Решение задач: Расчет теплоемкости идеального газа. Использование таблицы для определения теплоемкости газа. Расчет теплоемкость смеси рабочих тел. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение давлений компонентов. | 45                                    | УО-1           |
| 2     | 3 семестр             | Решение задач: Расчёт параметров состояния рабочего тела в прямом и обратном циклах Карно. Второй закон термодинамики. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Расчёт энтальпии замкнутой термодинамической системы.  | 45                                    | УО-2           |
| 3     | 3 семестр             | Подготовка к зачету   | 10                                    | Вопросы        |
| 4     | 4 семестр             | Решение задач: Схема и цикл Ренкина паросиловой установки. Определение основных параметров в цикле Ренкина. Оценка эффективности цикла.   | 45                                    | УО-3           |
| 5     | 4 семестр             | Решение задач: Уравнение теплопередачи, расчет коэффициента теплопередачи. Теплопередача через плоскую и  | 45                                    | УО-1,2,3       |

|   |           |   |    |         |
|---|-----------|---|----|---------|
|   |           | цилиндрическую стенку.<br>Конструктивный и<br>проверочный расчет<br>теплообменных<br>аппаратов. Определение<br>среднего температурного<br>напора. |    |         |
| 6 | 4 семестр | Подготовка к зачету   | 17 | Вопросы |

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Задание № 1, 2, 4, 5. Подбор материалов на тему и работа с периодической литературой студенты самостоятельно находят и изучают электронные издания по заданным тематикам. В ходе организации самостоятельного изучения учебного пособия студентами решаются следующие задачи:

- углублять и расширять профессиональные знания студентов;
- сформировать интерес к научно-исследовательской деятельности;
- научить студентов овладевать приемами процесса познания;
- развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- развивать познавательные способности будущих специалистов.

Задание № 3 (п. 4). Подготовка к зачету выполняется в виде пояснительной записки "Требования к оформлению письменных работ, выполняемых студентами и слушателями ДВФУ", г. Владивосток, 2011 год. Для контроля используются оценочные средства текущего контроля УО-1,2,3, ПР-1 приведенные в ФОС (приложение 2).

Задание № 6. Экзамен принимается в виде письменного либо устного ответа. Студенты самостоятельно готовятся к экзамену. Для контроля используются оценочные средства промежуточной аттестации в виде вопросов приведенных в ФОС (приложение 2).

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

В описательной части письменной работы должно быть приведено современное диагностическое оборудование, методика измерений и расчета, обоснован выбор энергосберегающих мероприятий.

Расчетная часть работы должны содержать обоснование выбранной методики расчета, основные расчетные зависимости со ссылками на источники, алгоритм расчета (не зависимо от того, какая программа расчета была использована), результаты расчета в табличной форме и выводы о соответствии СП. Работа должна быть оформлена в виде фрагмента пояснительной записки проекта. По результатам расчета должны быть подготовлены презентации.

Графическая часть работы (принципиальная схема, разрезы оборудования и экспликация в плане) должна быть выполнена в профессиональной программе и содержать графическую часть работы. Работа представляется для всеобщего обсуждения мультимедийно, затем после замечаний и предложений, полученных в ходе обсуждения, вносятся исправления, работа должна соответствовать требованиям СП. Графическая часть распечатывается на листах формата А1.

По всем частям работы подготовлены презентации, которые представлялись студентами при обсуждении на занятиях.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

На 10 занятиях студентам предоставлена возможность сделать сообщение и презентовать часть выполненной работы, это оценивается баллами от 1 до 3. Оценивается активность студентов при обсуждении представленных работ баллами от 1 до 2.

На последних трех занятиях происходит публичная защита работ, допущенных к защите. На защите допускается всем задавать вопросы, касающиеся не только проекта, но и нормативных документов и

теоретической части курса. Качество выполненного проекта оценивается следующим образом:

Пояснительная записка - максимальное число баллов – 60;

Ответы на вопросы - максимальное число баллов – 40;

100-90 баллов – соответствуют оценке «отлично»

89 -70 баллов – соответствуют оценке «хорошо»

69-60 баллов – соответствуют оценке «удовлетворительно»

### **Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании**

✓ 100-90 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 89-70 баллов (хорошо) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 69-60 баллов (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными

навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 59-50 баллов (неудовлетворительно) – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Критерии оценки при ответе (письменный ответ) на экзаменационные вопросы**

✓ 100-86 баллов (отлично) - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 баллов (хорошо) - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных

проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 балл (удовлетворительно) – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**«Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена»**

Направление подготовки аспирантов: 13.06.01 «Электро- и теплотехника»,  
профиль «Промышленная теплоэнергетика»

Форма подготовки: очная

**Владивосток**

**2018**

## Паспорт

### фонда оценочных средств по дисциплине

### «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена»

(наименование дисциплины, вид практики)

| Код и формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенции |  |
|--|--------------------------------|--|
| ОПК-3 – Обладает способностью к разработке и использованию современных методов научного исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности   | Знает                          | методы реализации научно-исследовательской деятельности в области теоретической и общей теплотехники, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий  |
|  | Умеет                          | планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий  |
|  | Владеет                        | современными методами исследования, а также средствами информационно-коммуникационных технологий, необходимыми для осуществления научно-исследовательской деятельности в области теоретической электротехники  |
| ПК-2 Готовность овладевать новыми современными методами и средствами измерений термодинамических свойств систем, уметь раскрывать термодинамическую сущность процессов в сложных сисРазделх, выполнять термодинамические расчеты фазовых равновесий в сложных сисРазделх | Знает                          | механизмы и законы переноса теплоты; методы анализа процессов теплообмена; понятие о сложном теплообмене; элементы теории подобия и ее применение при изучении процессов переноса;   |
|  | Владеет                        | определением параметров рабочих тел при реализации различных механизмов теплообмена; методами определения физико-химических и теплофизических свойств для расчета термодинамических и теплообменных процессов; основами проектирования теплообменных установок на основе законов передачи тепла; методиками выбора и расчёта теплообменных аппаратов в соответствии с требованиями, предъявляемые к теплообменному оборудованию. |
|  | Умеет                          | проводить анализ процессов тепло и массопереноса в теплотехнических агрегатах; рассчитывать основные параметры процессов теплопереноса; грамотно выбирать оптимальные технологические режимы работы оборудования и наиболее рациональные типы аппаратов; обеспечивать оптимальные условия протекания процессов; эффективно пользоваться справочной литературой, стандартами, ТУ и справочными материалами;                       |

### Контроль достижения целей дисциплины

| № п/п | Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины   | Коды и этапы формирования компетенций |         | Оценочные средства - наименование |                          |
|-------|--|---------------------------------------|---------|-----------------------------------|--------------------------|
|       |  |                                       |         | текущий контроль                  | промежуточная аттестация |
| 1     | Раздел 1. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы и циклы | ОПК-3                                 | знает   | УО-1                              | 1-20                     |
|       |  |                                       | умеет   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-1                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-1                              |                          |
| 2     | Раздел 2. Термодинамические процессы в реальных газах и парах  | ОПК-3                                 | знает   | УО-1                              | 21-40                    |
|       |  |                                       | умеет   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-1                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-1                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-1                              |                          |
| 3     | Раздел 3. Второй закон термодинамики .   | ОПК-3                                 | знает   | УО-2                              | 41-60                    |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
|       | Зачет по дисциплине  | ОПК-3                                 | знает   | УО-2                              | 1-60                     |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
| 4     | Раздел 4. Термодинамический анализ процессов в компрессоре   | ОПК-3                                 | знает   | УО-2                              | 60-70                    |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-2                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-2                              |                          |
| 5     | Раздел 5. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС)  | ОПК-3                                 | знает   | УО-3                              | 71-82                    |
|       |  |                                       | умеет   | УО-3                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-3                              |                          |
|       |  | ПК-2                                  | знает   | УО-3                              |                          |
|       |  |                                       | умеет   | УО-3                              |                          |
|       |  |                                       | владеет | УО-3                              |                          |
| 6     | Раздел 6. Циклы  | ОПК-3                                 | знает   | УО-1                              | 1-20                     |

|    |   |         |          |          |       |
|----|---|---------|----------|----------|-------|
|    | паросиловых установок   |         | умеет    | УО-1     |       |
|    |   |         | владеет  | УО-1     |       |
|    |   | ПК-2    | знает    | УО-1     |       |
|    |   |         | умеет    | УО-1     |       |
|    |   |         | владеет  | УО-1     |       |
| 7  | Раздел 7. Циклы холодильных установок и трансформаторов тепла                           | ОПК-3   | знает    | УО-1     | 21-40 |
|    |   |         | умеет    | УО-1     |       |
|    |   |         | владеет  | УО-1     |       |
|    |   | ПК-2    | знает    | УО-1     |       |
|    |   |         | умеет    | УО-1     |       |
|    |   | владеет | УО-1     |          |       |
| 8  | Раздел 8. Теплопроводность .  | ОПК-3   | знает    | УО-2     | 41-60 |
|    |   |         | умеет    | УО-2     |       |
|    |   |         | владеет  | УО-2     |       |
|    |   | ПК-2    | знает    | УО-2     |       |
|    |   |         | умеет    | УО-2     |       |
|    |   | владеет | УО-2     |          |       |
| 9  | Раздел 9. Конвективный теплообмен   | ОПК-3   | знает    | УО-2     | 60-70 |
|    |   |         | умеет    | УО-2     |       |
|    |   |         | владеет  | УО-2     |       |
|    |   | ПК-2    | знает    | УО-2     |       |
|    |   |         | умеет    | УО-2     |       |
|    |   | владеет | УО-2     |          |       |
| 10 | Раздел 10. Теплообмен излучением, теплопередача, основы расчета теплообменных аппаратов | ОПК-3   | знает    | УО-3     | 71-82 |
|    |   |         | умеет    | УО-3     |       |
|    |   |         | владеет  | УО-3     |       |
|    |   | ПК-2    | знает    | УО-3     |       |
|    |   |         | умеет    | УО-3     |       |
|    |   | владеет | УО-3     |          |       |
| 6  | Зачет по дисциплине   | ОПК-3   | знает    | УО-1,2,3 | 60-82 |
|    |   |         | умеет    | УО-1,2,3 |       |
|    |   |         | знает    | УО-1,2,3 |       |
|    |   | ПК-2    | знает    | УО-1,2,3 |       |
|    |   |         | умеет    | УО-1,2,3 |       |
|    |   | владеет | УО-1,2,3 |          |       |

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

| Код и формулировка компетенции  | Этапы формирования компетенции |   | критерии   | Показатели   |
|---|--------------------------------|---|--|--|
| ОПК-3. Обладает способностью к разработке и использованию современных методов научного исследования и их применению в | знает (пороговый уровень)      | методы реализации научно-исследовательской деятельности в области | Знание основных тенденций развития информационно компьютерных технологий в | Сформированные систематические знания методов реализации научно- |

|  |                           |   |  |   |
|--|---------------------------|---|--|---|
| самостоятельной научно-исследовательской деятельности  |                           | теоретической и общей теплотехники, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий                     | области разработки технических средств в области теоретической и общей теплотехники  | исследовательской деятельности в области теоретической и общей теплотехники, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий |
|  | умеет (продвинутый)       | планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий   | Умение применять в расчетах основные принципы методов исследования с использованием информационно-коммуникационных технологий в области теоретической и общей теплотехники   | Сформированное умение планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий   |
|  | Владеет (высокий)         | современными методами исследования, а также средствами информационно-коммуникационных технологий, необходимыми для осуществления научно-исследовательской деятельности в области теоретической электротехники | Владеет приемами проектирования для решения задач научного исследования в рамках определенной тематики, заданной руководителем; при проведении исследования используются современные информационно-коммуникационные технологии в ограниченном объеме | Успешное и систематическое применение современных методов исследования, а также средств информационно-коммуникационных технологий   |
| ПК-2. Владение новыми современными методами и средствами измерений термодинамических и переносных свойств систем, уметь раскрывать термодинамическую сущность процессов в сложных системах, выполнять термодинамические расчеты фазовых равнове- | знает (пороговый уровень) | причины необратимости реальных процессов, основные закономерности превращений энергии в сложных системах в соответствии с началами  | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о причинах необратимости реальных процессов, основных закономерностях превращений энергии в   | Сформированные систематические знания о причинах необратимости реальных процессов, основных закономерностях превращений энергии в   |

|                         |                     |   |  |   |
|-------------------------|---------------------|---|--|---|
| сий в сложных системах. |                     | термодинамики.  | сложных системах в соответствии с началами термодинамики   | сложных системах в соответствии с началами термодинамики  |
|                         | умеет (продвинутый) | экспериментировать со сложными гетерогенными термодинамическими системами | В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение составлять энергетические балансы теплоэнергетического оборудования, определять потребности производства в основных энергоносителях, определять производительность и мощность теплоэнергетического оборудования | Сформированное умение экспериментировать со сложными гетерогенными термодинамическими системами |
|                         | Владеет (высокий)   | математическим и методами расчета термодинамических систем                | В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение экспериментировать со сложными гетерогенными термодинамическими системами   | Успешное и систематическое применение математических методов расчета термодинамических систем   |

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена» проводится в форме собеседования и контроля графика выполнения самостоятельной работы, по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена» (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний по дисциплине «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена»;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Промежуточная аттестация по дисциплине «Специальные разделы термодинамики и теории теплообмена» проводится в форме контрольных мероприятий (3 и 4 семестры – зачет) в устной форме в виде ответов на вопросы, приведенные, в разделе зачетно-экзаменационные материалы ФОС.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Вопросы к экзамену.**

1. Какие основные разделы входят в дисциплину «Теплотехника»?
2. Что изучается в разделе «Техническая термодинамика»?
3. Назовите разновидности термодинамической системы.
4. Какая термодинамическая система называется открытой?
5. Какая термодинамическая система называется адиабатной?
6. Какая термодинамическая система называется замкнутой?
7. Какие виды энергии взаимодействуют в термодинамической системе?

8. Приведите пример термодинамической системы.
9. Какую роль играет «рабочее тело» в термодинамической системе?
10. Какие вещества могут использовать в качестве рабочего тела?
11. Назовите три основных параметра состояния рабочего тела.
12. Какой вид энергии относят к параметрам состояния рабочего тела?
13. Дайте характеристику параметру состояния давление.
14. Дайте характеристику параметрам состояния удельный объем и температура.
15. Запишите известные вам виды уравнения состояния рабочего тела.
16. Запишите уравнение состояния «идеального» газа.
17. Как учесть «не идеальность» газа при записи уравнения состояния?
18. Приведите примеры теплотехнических аппаратов и устройств.
19. Можно ли искусственно создать термодинамическую систему?
20. Дайте характеристику термодинамического процесса.
21. Запишите уравнение Первого закона термодинамики.
22. Запишите уравнение Первого закона термодинамики для изотропных процессов.
23. Дайте определение теплоемкости.
24. Как произвести расчет теплоты с использованием теплоемкости?
25. От чего зависит теплоемкость рабочего тела?
26. Как определяется теплоемкость для любого вещества?
27. Как определить полную работу (работу проталкивания)?
28. Как определить работу изменения объема рабочего тела?
29. Дайте определение технической работе и работе изменения объема.
30. Как определить работу изменения объема в термодинамической P-V диаграмме?
31. Как определить техническую работу в термодинамической P-V диаграмме?
32. Как определить работу по Первому закону термодинамики?
33. От чего зависит внутренняя энергия «идеального газа»?

34. Как связана внутренняя энергия с энтальпией рабочего тела?
35. Что характеризует параметр состояния - энтальпия?
36. Запишите уравнения для расчета энтропии.
37. Как определяется теплота через изменение энтропии?
38. Как установить направление передачи теплоты в термодинамическом процессе?
39. Как определить количество теплоты в термодинамической T-S диаграмме?
40. Чем различаются энтальпия и внутренняя энергия
41. Какие уравнения описывают все термодинамические процессы?
42. Дайте характеристику политропного процесса.
43. Запишите уравнение политропного процесса.
44. Какие значения может принимать показатель политропного процесса?
45. Какие процессы называются изотропными?
46. Дайте характеристику изобарному процессу.
47. Дайте характеристику изохорному процессу.
48. Дайте характеристику изотермическому процессу.
49. Дайте характеристику адиабатному процессу.
50. Чем отличается адиабатный процесс от других изотропных процессов?
51. Изобразите изотропные процессы в P-V диаграмме.
52. Изобразите изотропные процессы в T-S диаграмме.
53. Как определить показатель адиабаты?
54. Какой вид имеет Первый закон термодинамики для каждого изотропного процесса?
55. Назовите виды теплоемкости, характеризующей каждый изотропный процесс.
56. Какие термодинамические процессы называются обратимыми?
57. Какие термодинамические процессы относят к необратимым?

58. Как изменяется энтропия в необратимых процессах?
59. В каких случаях проявляется необратимость в термодинамических процессах?
60. Перечислите основные термодинамические процессы.
61. В каких фазовых состояниях может находиться вещество?
62. Какой процесс называется процессом фазового перехода?
63. При каких условиях осуществляется процесс фазового перехода?
64. Какие процессы фазового перехода наиболее часто применяются на практике?
65. Назовите основные виды фазовых диаграмм, изобразите эти диаграммы.
66. Дайте характеристику состояния насыщения пара (жидкости).
67. Какие разновидности пара вы знаете, чем они отличаются?
68. Изобразите процесс испарения (конденсации) в P-V и T-S фазовых диаграммах.
69. Как определяются параметры в процессах фазового перехода?
70. Что такое теплота фазового перехода?
71. Когда используется параметр - степень сухости пара, что он характеризует?
72. В каких случаях степень сухости пара равна нулю или единице?
73. Приведите примеры использования газовых смесей.
74. Запишите закон Дальтона для газовой смеси.
75. Дайте определение, что такое парциальное давление газа.
76. Какими показателями задается состав газовой смеси?
77. В чем заключается отличие влажного и сухого воздуха?
78. В каком состоянии воздух называется насыщенным?
79. Назовите параметры влажного воздуха.
80. В каких единицах измеряются относительная влажность воздуха и влагосодержание?
81. Какие виды компрессоров применяются для сжатия газов или паров?

82. Назовите основные технические характеристики компрессоров.
83. Приведите примеры использования сжатых газов и паров в технике.
84. Какие термодинамические процессы можно использовать в качестве процессов сжатия?
85. Как определить работу сжатия в P-V диаграмме?
86. Докажите, что работа сжатия является технической работой.
87. В каком идеальном процессе сжатия работа компрессора минимальна?
88. В каком процессе сжатия работа на привод компрессора имеет максимальную величину?
89. От чего зависит объемный КПД компрессора?
90. Каким способом можно снизить затраты работы на привод компрессора?
91. Изобразите основные процессы сжатия в P-V и T-S диаграммах?
92. Как рассчитать мощность, затраченную на привод компрессора?
93. Изобразите действительную диаграмму процессов в поршневом компрессоре.
94. В каких случаях используются многоступенчатые компрессоры?
95. Как зависит работа, необходимая на привод компрессора от количества ступеней сжатия?
96. Назовите КПД, используемые для оценки эффективности работы компрессора?
97. Какие преимущества имеют многоступенчатые компрессора?
98. Какие виды компрессоров позволяют получить газ или пар высокого давления?
99. Объясните принцип действия компрессора объемного сжатия.
100. Объясните принцип действия компрессора кинетического сжатия.
101. Дайте формулировку Второго закона термодинамики.
102. Почему невозможно создать вечный двигатель «второго рода».
103. Дайте определение вечным двигателям «первого» и «второго» рода.

104. Какие термодинамические процессы называют циклами?
105. Какой циклический процесс совершается при работе теплового двигателя?
106. Какой циклический процесс совершается при работе трансформатора тепла?
107. В какой диаграмме можно определить работу цикла?
108. В какой диаграмме можно определить полезную теплоту цикла?
109. Запишите уравнения, используемые для расчета термического КПД прямого цикла.
110. Запишите уравнения, используемые для расчета холодильного коэффициента.
111. Запишите уравнения, используемые для расчета коэффициента преобразования тепла.
112. Изобразите цикл Карно в P-V и T-S диаграммах.
113. Почему цикл Карно считается идеальным циклом?
114. В чем сущность теоремы Карно, как рассчитать КПД этого цикла?
115. Как определить максимальную величину термического КПД любого прямого цикла?
116. Для чего применяют регенерацию теплоты в циклических процессах?
117. Изобразите цикл с регенерацией теплоты в P-V и T-S диаграммах.
118. Изобразите на цикле средние температуры подвода и отвода теплоты?
119. Как изменяется энтропия в обратимых и необратимых циклах?
120. Чем отличаются циклические процессы для тепловых двигателей и холодильных установок?
121. Дайте классификацию ДВС по термодинамическим признакам.
122. Приведите примеры использования различных видов ДВС в технике.

123. Изобразите действительную (индикаторную) диаграмму карбюраторного ДВС.

124. Изобразите схему ДВС, назовите ее основные элементы.

125. Объясните последовательность основных процессов цикла ДВС в P-V и T-S диаграммах.

126. Назовите основные термодинамические характеристики ДВС.

127. Как определить степень сжатия в ДВС?

128. Как определить степень повышения давления в ДВС?

129. Как определить степень предварительного расширения в ДВС?

130. Запишите уравнение для расчета КПД карбюраторного ДВС.

131. Запишите уравнение для расчета КПД дизельного ДВС.

132. Как влияет степень сжатия на КПД ДВС?

133. Чем отличаются дизельные и карбюраторные ДВС?

134. В каком типе ДВС можно получить большее значение термического КПД?

135. Почему в карбюраторных ДВС нельзя увеличить степень сжатия до значений, получаемых в дизельных ДВС?

136. Как зависит КПД дизельного ДВС от степени предварительного расширения?

137. Как работают ДВС со смешанным подводом тепла?

138. В чем заключаются преимущества и недостатки карбюраторных ДВС?

139. В чем заключаются преимущества и недостатки дизельных ДВС?

140. Какими способами можно повысить термический КПД цикла ДВС?

141. Приведите примеры использования паросиловых установок.

142. Какое рабочее тело используется обычно в ПСУ?

143. Изобразите схему ПСУ, работающей по циклу Карно.

144. Изобразите схему ПСУ, работающей по циклу Ренкина.

145. В чем отличие цикла ПСУ Ренкина от цикла Карно?

146. Зачем необходим перегрев пара в цикле ПСУ?

147. Изобразите цикл ПСУ Ренкина на влажном паре в P-V и T-S диаграммах водяного пара.

148. Опишите последовательность термодинамических процессов в цикле ПСУ.

149. Назовите основные характеристики цикла ПСУ.

150. Как рассчитать термический КПД цикла ПСУ?

151. Как определить работу, получаемую в турбине для цикла ПСУ Ренкина?

152. Как определить количество теплоты, подведенной к рабочему телу в котле?

153. Объясните на примере процесса расширения пара в турбине необратимость процессов в ПСУ.

154. В чем заключается необратимость процессов в ПСУ?

155. Каким показателем оцениваются необратимые потери энергии в цикле ПСУ?

156. Как осуществляется регенерация теплоты в цикле ПСУ?

157. Объясните принцип использования энергии пара для теплофикации.

158. Докажите, что при регенерации теплоты в цикле возрастает термический КПД ПСУ.

159. Докажите, что при применении теплофикации возрастает термический КПД ПСУ.

160. Изобразите цикл ПСУ Ренкина на перегретом паре в P-V и T-S диаграммах водяного пара?

161. Назовите основные виды холодильных машин.

162. Какие рабочие тела применяются в холодильных машинах?

163. Изобразите цикл Карно холодильной машины в P-V и T-S диаграммах.

164. Какими характеристиками оценивается эффективность работы холодильной машины?

165. Как определяется холодильный коэффициент?

166. Запишите значение холодильного коэффициента цикла Карно.
167. Изобразите схему воздушной холодильной машины.
168. В чем отличие схем воздушной и парокompрессионной холодильных машин.
169. Изобразите цикл парокompрессионной холодильной машины в P-V и T-S диаграммах.
170. Запишите значение холодильного коэффициента воздушной холодильной машины.
171. Запишите значение холодильного коэффициента ПКХМ.
172. Что такое «холодильный агент» в холодильной машине?
173. Дайте характеристику обратного циклического процесса.
174. Для какого обратного цикла значение холодильного коэффициента максимально?
175. Назовите достоинства и недостатки воздушной холодильной машины.
176. Назовите достоинства и недостатки парокompрессионной холодильной машины.
177. Изобразите схему воздушной холодильной машины.
178. Изобразите цикл в P-V и T-S диаграммах воздушной холодильной машины?
179. Как определяется холодильный коэффициент воздушной холодильной машины?
180. Приведите примеры использования холодильных машин в технике.
181. Дайте характеристику трем основным способам передачи тепловой энергии.
182. От чего зависит теплопроводность вещества?
183. Какие вещества являются хорошими проводниками теплоты?
184. Какие вещества плохо проводят тепловую энергию?
185. Как распространяется тепловая энергия в телах с различной структурой?

186. В каких единицах измеряется тепловой поток и плотность теплового потока?
187. Дайте определение температурному полю в теле.
188. Дайте определение градиенту температуры в теле.
189. Запишите уравнение закона Фурье.
190. Дайте характеристику коэффициенту теплопроводности вещества.
191. Как определить коэффициент теплопроводности для любого вещества?
192. От чего зависит коэффициент теплопроводности вещества?
193. Изобразите температурное поле в плоской однородной стенке.
194. Запишите закон Фурье для плоской однородной стенки.
195. Что называется термическим сопротивлением стенки?
196. Изобразите температурное поле в цилиндрической однородной стенке.
197. Запишите закон Фурье для цилиндрической однородной стенки.
198. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности вещества?
199. Как рассчитать плотность теплового потока по длине трубы?
200. Приведите примеры использования закона Фурье для практических расчетов
201. Дайте характеристику процессу конвективного теплообмена (теплоотдачи).
202. Назовите виды конвекции, объясните разницу между ними.
203. За счет действия каких сил происходит движение среды около нагретого тела.
204. Как обеспечить вынужденную конвекцию жидкости (газа)?
205. Запишите уравнение закона Ньютона-Рихмана.
206. Дайте характеристику коэффициенту теплоотдачи.
207. В каких единицах измеряется коэффициент теплоотдачи?
208. От каких величин зависит коэффициент теплоотдачи?

209. Почему коэффициент теплоотдачи невозможно найти в таблицах справочников?

210. Объясните основные положения теории подобия для процесса теплообмена.

211. Для чего используются числа подобия, назовите основные из них.

212. Запишите уравнения подобия для свободной конвекции в общем виде.

213. Запишите уравнения подобия для вынужденной конвекции в общем виде.

214. Дайте характеристику числу подобия Нуссельта.

215. Дайте характеристику числу подобия Прандтля.

216. Дайте характеристику числу подобия Грасгоффа.

217. Дайте характеристику числу подобия Рейнольдса, назовите режимы течения среды.

218. Назовите наиболее распространенные случаи теплообмена.

219. Как использовать уравнения подобия для расчета процесса теплоотдачи?

220. Какая конвекция – свободная или вынужденная - обеспечивает больший перенос теплоты?

221. В какой форме передается поток теплового излучения с поверхности тела.

222. В чем отличия между интегральной и спектральной плотностью излучения?

223. Как взаимодействует тело с падающим на него потоком излучения?

224. Дайте определение абсолютно белому телу.

225. Дайте определение абсолютно черному телу.

226. Дайте определение абсолютно прозрачному телу.

227. Как связаны коэффициенты поглощения и отражения для непрозрачного серого тела?

228. Как найти эффективное излучение тела?

229. Как найти результирующее излучение тела?
230. Что устанавливает закон теплового излучения Планка?
231. Что устанавливает закон теплового излучения Вина?
232. Что устанавливает закон теплового излучения Киргоффа?
233. Запишите закон теплового излучения Стефана-Больцмана.
234. Запишите уравнение для определения собственного излучения тела.
235. Как влияет на излучение с поверхности тела степень его черноты?
236. Как можно определить степень черноты поверхности непрозрачного серого тела?
237. Почему тепловое излучение интенсивно при высоких температурах поверхности тела?
238. Какие законы теплового излучения используются в теплотехнических расчетах?
239. Как связаны между собой степень черноты тела и коэффициент поглощения излучения?
240. Приведите примеры практического использования теплового излучения.
241. Какие тепловые процессы называются нестационарными?
242. Изобразите график изменения температуры тела при его нагреве.
243. Что принято называть тепловой аккумуляцией?
244. Запишите уравнение для определения коэффициента температуропроводности.
245. От каких величин зависит изменение температуры при нагреве тела?
246. Какой теплофизический коэффициент влияет на скорость нагрева тела?
247. Запишите уравнение температурного поля для нестационарного режима.
248. Какой закон передачи теплоты используется для расчетов нестационарных процессов?
249. Что характеризует число подобия Био?

250. Что характеризует число подобия Фурье?

251. Какие задачи нестационарной теплопроводности часто встречаются на практике?

252. Дайте определение понятиям избыточная и безразмерная температура.

253. При какой форме тела скорость его нагрева и охлаждения максимальна?

254. Как рассчитать изменение температурного поля во времени для тел простейшей формы?

255. Дайте определение регулярного режима нагрева (охлаждения) тела.

256. Дайте определение коэффициенту температуропроводности.

257. Чем различаются стационарное и нестационарное температурное поле.

258. Приведите пример нестационарного теплового процесса.

259. Изобразите график изменения температуры тела при его охлаждении.

260. Изобразите изменение температурного поля при охлаждении плоской неограниченной пластины

261. Дайте определение процессу теплопередачи.

262. Какие тепловые процессы одновременно происходят при теплопередаче?

263. Дайте характеристику коэффициенту теплопередачи.

264. Запишите обобщающее уравнение теплопередачи.

265. Как найти коэффициент теплопередачи для случая плоской стенки?

266. Как найти коэффициент теплопередачи для случая цилиндрической стенки?

267. Как определить конвективную составляющую теплового потока?

268. Как определить лучистую составляющую теплового потока?

269. Какой процесс рассматривается при распространении теплоты внутри стенки?

270. Как рассчитать тепловой поток от горячего теплоносителя к стенке?
271. Как рассчитать тепловой поток от стенки к холодному теплоносителю?
272. Как рассчитать тепловой поток внутри плоской или цилиндрической стенки?
273. Дайте определение тепловой изоляции.
274. В каких случаях необходимо применять тепловую изоляцию?
275. Какие материалы применяются для тепловой изоляции?
276. Какими основными свойствами должна обладать тепловая изоляция?
277. Объясните порядок расчета тепловой изоляции.
278. Как выбрать материал для изоляции трубопровода?
279. Что характеризует критический диаметр изоляции?
280. Когда тепловые потери с поверхности изоляции на трубопроводе возрастают?
281. Для чего предназначены теплообменные аппараты?
282. Рассмотрите классификацию теплообменных аппаратов.
283. Какие теплоносители используются в теплообменных аппаратах?
284. Какими качествами должны обладать теплоносители?
285. В каких случаях применяются высокотемпературные теплоносители?
286. В каких случаях применяют низкотемпературные теплоносители?
287. В чем особенность конструкторского расчета теплообменного аппарата?
288. В чем особенность поверочного расчета теплообменного аппарата?
289. Дайте характеристику тепловой нагрузке теплообменного аппарата?
290. Как рассчитать коэффициент потерь теплоты в теплообменнике?
291. Какие величины можно определить при расчете поверхностного теплообменника?

292. Какие данные необходимы для конструкторского расчета теплообменника?

293. Запишите уравнения теплового баланса рекуперативного теплообменника.

294. Запишите уравнение теплопередачи рекуперативного теплообменника.

295. Как определить средний температурный напор в поверхностном теплообменнике?

296. Изобразите графики изменения температуры сред при прямотоке и противотоке.

297. Как рассчитать коэффициент теплопередачи в поверхностном теплообменнике?

298. Объясните принцип действия контактного смешивающего теплообменника.

299. Какие величины определяются при расчете теплообменников-смесителей?

300. Приведите примеры использования теплообменных аппаратов на практике.

### **Комплект оценочных средств для текущей аттестации**

#### **УО-1 Собеседование**

1. Какие вещества могут использовать в качестве рабочего тела?
2. Назовите три основных параметра состояния рабочего тела.
3. Какой вид энергии относят к параметрам состояния рабочего тела?
4. Дайте характеристику параметру состояния давление.
5. Дайте характеристику параметрам состояния удельный объем и температура.
6. Запишите известные вам виды уравнения состояния рабочего тела.
7. Запишите уравнение состояния «идеального» газа.
8. Как учесть «не идеальность» газа при записи уравнения состояния?

9. Приведите примеры теплотехнических аппаратов и устройств.
10. Можно ли искусственно создать термодинамическую систему?
11. Дайте характеристику термодинамического процесса.
12. Запишите уравнение Первого закона термодинамики.
13. Запишите уравнение Первого закона термодинамики для изотропных процессов.
14. Дайте определение теплоемкости.
15. Как произвести расчет теплоты с использованием теплоемкости?
16. От чего зависит теплоемкость рабочего тела?
17. Как определяется теплоемкость для любого вещества?
18. Как определить полную работу (работу проталкивания)?
19. Как определить работу изменения объема рабочего тела?
20. Дайте определение технической работе и работе изменения объема.
21. Как определить работу изменения объема в термодинамической P-V диаграмме?

## **УО-2 Собеседование**

### **Вопросы по темам/разделам дисциплины**

1. Объясните принцип действия компрессора объемного сжатия.
2. Объясните принцип действия компрессора кинетического сжатия.
3. Дайте формулировку Второго закона термодинамики.
4. Почему невозможно создать вечный двигатель «второго рода».
5. Дайте определение вечным двигателям «первого» и «второго» рода.
6. Какие термодинамические процессы называют циклами?
7. Какой циклический процесс совершается при работе теплового двигателя?
8. Какой циклический процесс совершается при работе трансформатора тепла?
9. В какой диаграмме можно определить работу цикла?
10. В какой диаграмме можно определить полезную теплоту цикла?

11. Запишите уравнения, используемые для расчета термического КПД прямого цикла.
12. Запишите уравнения, используемые для расчета холодильного коэффициента.
13. Запишите уравнения, используемые для расчета коэффициента преобразования тепла.
14. Изобразите цикл Карно в P-V и T-S диаграммах.
15. Почему цикл Карно считается идеальным циклом?
16. В чем сущность теоремы Карно, как рассчитать КПД этого цикла?
17. Как определить максимальную величину термического КПД любого прямого цикла?
18. Для чего применяют регенерацию теплоты в циклических процессах?
19. Изобразите цикл с регенерацией теплоты в P-V и T-S диаграммах.
20. Изобразите на цикле средние температуры подвода и отвода теплоты?
21. Как изменяется энтропия в обратимых и необратимых циклах?
22. Чем отличаются циклические процессы для тепловых двигателей и холодильных установок?
23. Дайте классификацию ДВС по термодинамическим признакам.
24. Приведите примеры использования различных видов ДВС в технике.
25. Изобразите действительную (индикаторную) диаграмму карбюраторного ДВС.
26. Изобразите схему ДВС, назовите ее основные элементы.
27. Объясните последовательность основных процессов цикла ДВС в P-V и T-S диаграммах.

### **УО-3 Собеседование**

#### **Вопросы по темам/разделам дисциплины**

1. Объясните основные положения теории подобия для процесса теплообмена.
2. Для чего используются числа подобия, назовите основные из них.
3. Запишите уравнения подобия для свободной конвекции в общем виде.
4. Запишите уравнения подобия для вынужденной конвекции в общем виде.
5. Дайте характеристику числу подобия Нуссельта.
6. Дайте характеристику числу подобия Прандтля.
7. Дайте характеристику числу подобия Грасгоффа.
8. Дайте характеристику числу подобия Рейнольдса, назовите режимы течения среды.
9. Назовите наиболее распространенные случаи теплообмена.
10. Как использовать уравнения подобия для расчета процесса теплоотдачи?
11. Какая конвекция – свободная или вынужденная - обеспечивает больший перенос теплоты?
12. В какой форме передается поток теплового излучения с поверхности тела.
13. В чем отличия между интегральной и спектральной плотностью излучения?
14. Как взаимодействует тело с падающим на него потоком излучения?
15. Дайте определение абсолютно белому телу.
16. Дайте определение абсолютно черному телу.
17. Дайте определение абсолютно прозрачному телу.
18. Как связаны коэффициенты поглощения и отражения для непрозрачного серого тела?
19. Как найти эффективное излучение тела?
20. Как найти результирующее излучение тела?

21. Что устанавливает закон теплового излучения Планка?
22. Что устанавливает закон теплового излучения Вина?
23. Что устанавливает закон теплового излучения Киргоффа?
24. Запишите закон теплового излучения Стефана-Больцмана.
25. Запишите уравнение для определения собственного излучения тела.
26. Как влияет на излучение с поверхности тела степень его черноты?
27. Как можно определить степень черноты поверхности непрозрачного серого тела?
28. Почему тепловое излучение интенсивно при высоких температурах поверхности тела?
29. Какие законы теплового излучения используются в теплотехнических расчетах?
30. Как связаны между собой степень черноты тела и коэффициент поглощения излучения?
31. Приведите примеры практического использования теплового излучения.
32. Какие тепловые процессы называются нестационарными?
33. Изобразите график изменения температуры тела при его нагреве.

### **Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании**

✓ 100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 баллов (хорошо) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и

полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл (удовлетворительно) - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) - ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене  
по дисциплине «Специальные разделы термодинамики и теории  
теплообмена»:**

| <b>Баллы<br/>(рейтинго-</b> | <b>Оценка<br/>экзамена</b> | <b>Требования к сформированным компетенциям<br/><i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями.</i></b> |
|-----------------------------|----------------------------|--|
|-----------------------------|----------------------------|--|

| вой оценки) | (стандарт-<br>ная)               |   |
|-------------|----------------------------------|---|
| 100-86      | <i>«отлично»</i>                 | <p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Может дать определение основных принципов развития информационно-компьютерных технологий в области теоретической и общей теплотехники, определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Освоил методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Владеет технологией проектирования научно-исследовательского процесса.</p> |
| 85- 76      | <i>«хорошо»</i>                  | <p>Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Хорошо знает и применяет основные принципы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Умеет применять в расчетах основные принципы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Ознакомился с технологией проектирования научно-исследовательского процесса.</p>  |
| 75-61       | <i>«удовлетво-<br/>рительно»</i> | <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ. Поверхностно знает и применяет правила техники безопасности, производственной</p>   |

|       |                              |   |
|-------|------------------------------|---|
|       |                              | <p>санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины.</p> <p>Немного умеет применять приемы в организации освоения и доводки технологических процессов.</p> <p>Частично освоил методы организации энергоаудита.</p> <p>Приобрел знания по технологии проверки оборудования энергетических предприятий.</p> <p>Ознакомился с основными технологией проектирования научно-исследовательского процесса.</p>  |
| 60-50 | <i>«неудовлетворительно»</i> | <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Не знает основных принципов определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах. Не умеет применять в расчетах основные принципы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах. Не владеет приемами организации энергоаудита.</p> <p>Не приобрел знания по технологии проектирования научно-исследовательского процесса.</p> |