

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ**

| <b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>                                     | <b>Учетные данные</b>   |
|---|---|
| <b>Образовательная программа</b><br>Проектирование и эксплуатация атомных станций           | <b>Код ОП</b> 14.05.02/01.01<br><br><b>Учебный план №</b> 5111  |
| <b>Направление подготовки</b><br>Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг | <b>Код направления подготовки и уровня образования</b>          |
| <b>Уровень образования</b><br>специалитет   | 14.05.02  |
| <b>Квалификация, присваиваемая выпускнику</b><br>Инженер-физик                              | <b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> |
| <b>ФГОС ВО</b>  | 17.08.2015, № 849   |

СОГЛАСОВАНО

ДИРЕКЦИЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ  
ПРОГРАММ

Екатеринбург, 2015

Программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>ФИО</b>                | <b>Ученая степень, ученое звание</b> | <b>Должность</b>    | <b>Кафедра</b>                                     | <b>Подпись</b> |
|--------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------|--|----------------|
| 1            | Щеклеин Сергей Евгеньевич | Д-р техн. наук, профессор            | Заведующий кафедрой | Атомные станции и возобновляемые источники энергии |                |

Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

В.И.Денисенко

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева

Руководитель образовательной программы:

С.Е. Щеклеин

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина «Атомные электрические станции» изучается после дисциплин «Физика ядерных реакторов», «Ядерные энергетические реакторы», «Парогенераторы и теплообменники», «Турбомашин АЭС».

Дисциплина изучает атомную электростанцию как сложный, интегрированный объект, реализующий ядерно-физические, термодинамические, теплогидравлические и электромеханические процессы в различных типах оборудования и систем. Рассматриваются методы выбора и оптимизации термодинамических и технико-экономических параметров, влияние этих параметров на показатели работы станции. Изучаются особенности организации технологических процессов на всех этапах жизненного цикла АЭС. Рассматриваются методы математического описания и расчета оборудования и технологических схем АЭС, а также атомных станций, предназначенных для энергоснабжения промышленных процессов или теплофикации. Рассматриваются вопросы организации оптимального топливного цикла, организации полного жизненного цикла современных и перспективных АЭС. Рассматриваются современные проблемы атомной энергетики и пути их решения. В ходе курсового проектирования даются практические навыки расчета технологической схемы АЭС и выбора основного оборудования.

Полученные знания, умения и навыки будут использованы при выполнении исследовательской работы студентов и при дипломном проектировании.

## **1.2 Язык реализации программы – русский.**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В процессе изучения дисциплины формируются следующие компетенции:

ПК-1- готовность использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок;

ПК-3 - готовность к проведению исследования и участия в испытании основного оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации;

ПК-10 - готовность к разработке проектов узлов и элементов аппаратов и систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования, к использованию в разработке технических проектов новых информационных технологий;

ПК-12 – готовность участвовать в проектировании основного оборудования, систем контроля и управления ядерных энергетических установок с учетом экологических требований и безопасной работы;

ПСК-1.6 – готовность к проведению предварительного технико-экономического анализа разработок текущих и перспективных АС и ЯЭУ;

ПСК-1.7 – способность осуществлять подготовку исходных данных для расчета тепловых схем различных типов АС и ЯЭУ;

ПСК-1.10 – способность формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования элементов и систем ЯЭУ;

В результате изучения дисциплины студенты должны:

Знать:

- основные направления развития тепловой и атомной энергетики мира и России;
- особенности производства энергии на АЭС;
- основные типы АЭС;
- основные принципы работы оборудования и систем АЭС;
- особенности жизненного цикла АЭС, вопросы снятия с эксплуатации;

- современные проблемы атомной энергетики и пути их решения.

Уметь:

- осуществлять выбор типа и мощности АЭС;
- определять оптимальные термодинамические, физические и теплофизические параметры;
- производить выбор основного и вспомогательного оборудования для АЭС разных типов;
- производить расчеты характеристик тепловых схем и отдельных систем АЭС;
- производить выбор технологий дезактивации, переработки и хранения РАО

Владеть

- методикой поиска информации в специальной литературе и сети Интернет;
- сведениями об основном и вспомогательном оборудовании атомных электростанций;
- методами тепловых и теплофизических расчетов;
- методами оценки эффективности и обоснования безопасности АЭС;
- технологиями монтажа и демонтажа оборудования АЭС

#### 1.4. Объем дисциплины

Очная форма обучения

| № п/п | Виды учебной работы   | Объем дисциплины |                                  | Распределение объема дисциплины по семестрам (час.) |                     |
|-------|---|------------------|----------------------------------|---|---------------------|
|       |   | Всего часов      | В т.ч. контактная работа (час.)* | 9   | 10                  |
| 1.    | Аудиторные занятия  | <b>119</b>       | <b>119</b>                       | <b>68</b>   | <b>51</b>           |
| 2.    | Лекции  | <b>68</b>        | 68                               | 34  | 34                  |
| 3.    | Практические занятия  | <b>51</b>        | 51                               | 34  | 17                  |
| 4.    | Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации | <b>147</b>       | <b>20,85</b>                     | <b>72</b>   | <b>75</b>           |
| 5.    | Промежуточная аттестация  | <b>22</b>        | <b>2,58</b>                      | <b>Зачет (4)</b>                                    | <b>Экзамен (18)</b> |
| 6.    | Общий объем по учебному плану, час.                                   | <b>288</b>       | <b>139,43</b>                    | <b>144</b>  | <b>144</b>          |
| 7.    | Общий объем по учебному плану, з.е.                                   | <b>8</b>         |                                  | <b>4</b>  | <b>4</b>            |

#### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Код разделов и тем | Раздел, тема дисциплины   | Содержание  |
|--------------------|---------------------------|---|
| P1                 | Введение                  |   |
| P1.T1              | Этапы развития энергетики | Значение энергетики, электрификации и теплофикации для народного хозяйства. Этапы развития энергетики в СССР и современной России. Современное состояние и задачи перспективного развития энергетики мира, стран СНГ, России, Урала, Свердловской области. Структура курса. Литература. |
| P1.T2              | Типы и схемы АЭС          | Классификация АЭС. Принципиальные технологические схемы. Изображение циклов в тепловых диаграммах. Одноконтурные АЭС с реактором кипящего типа. Одноконтурные АЭС с перегревом пара. АЭС с реактором кипящего типа.   |

|       |  |   |
|-------|--|---|
|       |  | <p>Двухконтурные АЭС с водным теплоносителем. Одноконтурные АЭС с газовым теплоносителем (газотурбинного цикла). Влияние параметров схемы на КПД АЭС. Параметры АГТК. Двухконтурные АЭС с газовым теплоносителем (паротурбинные), их классификация, схемы и термодинамические особенности. Трехконтурные АЭС с жидкометаллическим теплоносителем. Схемы АЭС с баковым и петлевым исполнением. Комбинированные АЭС: бинарные (парогазовые), их схемы и параметры. АЭС с МГД-генератором. Схемы многоцелевых АЭС (для опреснения вод, для обеспечения теплом промышленности). Схемы малогабаритных, транспортабельных, передвижных и перевозочных АЭС.</p>  |
| P2    | Производство и потребление энергии                   |   |
| P2.T1 | Потребители тепловой и электрической энергии         | <p>Понятие о графиках электрических и тепловых нагрузок (суточный, месячный, годовой графики, график по продолжительности). Потребители электрической энергии на освещение, коммунально-бытовые нужды, промышленные цели. Типовые графики электрических нагрузок. Суммарный, суточный и годовой графики электрических нагрузок с учетом собственных нужд и потерь. Метод подсчета нагрузок. Потребители тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, коммунально-бытовые нужды и промышленность. Типовые графики тепловых нагрузок. Расчет тепла на отопление и вентиляцию. Суммарные суточные и годовые графики тепловых нагрузок собственных нужд и потерь. Методика использования графиков нагрузок для выбора общей мощности АЭС, числа и единичной мощности основных агрегатов. Характеристики АЭС: установленная и резервная мощности, число часов использования установленной мощности, максимума нагрузки.</p> |
| P2.T2 | Показатели тепловой и общей эффективности АЭС и АТЭЦ | <p>Показатели конденсационной АЭС: КПД, удельные расходы пара тепла и ядерного топлива (пределы численных значений). КПД АЭС брутто и нетто. Показатели тепловой экономичности АТЭЦ. Коэффициент недовыработки. Разделение расходов тепла и топлива на производство отдельных видов энергии. Показатели общей экономичности АЭС и АТЭЦ: удельные капитальные затраты, себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии</p>  |
| P3    | Основы технологий атомной энергетики                 |   |
| P3.T1 | Реактор, как источник теплоты на АЭС                 | <p>Процессы энерговыделения в ядерном реакторе. Удельная энергонапряженность активной зоны. Масса энергетической загрузки топлива. Глубина выгорания ядерного топлива. Виды теплоносителей. Классификация АЭС.</p>  |
| P3.T2 | Термодинамические                                    | Использование циклов Ренкина и Брайтона для   |

|       |  |  |
|-------|--|--|
|       | циклы АЭС  | паровых и газотурбинных установок. Особенности термодинамических циклов АЭС. Циклы с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии. Перспективные термодинамические циклы для АЭС.   |
| P3.T3 | Тепловые схемы АЭС   | Порядок составления принципиальной тепловой схемы. Подготовка исходных данных для расчета. Учет условий надежности и безопасности работы на неполных нагрузках, локализации аварий. Примеры принципиальных тепловых схем АЭС. Порядок расчета тепловой схемы АЭС. Методика расчета тепловой схемы. Развернутая тепловая схема АЭС. Примеры тепловых схем отечественных и зарубежных АЭС.   |
| P3.T4 | Влияние начальных и конечных параметров пара на показатели тепловой и общей эффективности АЭС и АТЭЦ | Влияние начальных параметров на экономические показатели АЭС. Выбор оптимальных начальных параметров с учетом затрат на ядерное топливо и капиталовложения. Начальные параметры пара отечественных и зарубежных АЭС, перспективы их изменений. Влияние вакуума паровых турбин. Показатели тепловой экономичности АЭС с промежуточным перегревом пара.  |
| P3.T5 | Водно-химические режимы АЭС  | Физико-химические процессы в двухконтурной АЭС с водным теплоносителем. Отложения в оборудовании первого контура (реактора, парогенератора). Примеси, требования к чистоте теплоносителя. Очистка теплоносителя первого контура от продуктов коррозии. Гидролиз воды. Физико-химические процессы в первых контурах АЭС с газовым и жидкометаллическим теплоносителем. Физико-химические процессы во втором контуре двухконтурных АЭС (в системе технического водоснабжения, питательном тракте). Очистка пара от примесей. Физико-химические процессы в одноконтурных АЭС. Очистные устройства. Конденсатоочистка. Потери конденсата, питательной воды и пара по схеме АЭС. Методы восполнения потерь. |
| P4    | Системы и оборудование реакторного отделения   |  |
| P4.T1 | Главный реакторный контур и его вспомогательные системы  | Назначение и состав главного реакторного контура. Характеристики главного реакторного контура различных типов АЭС. Вспомогательные системы главного реакторного контура- продувки, организованные протечки, подпитки, борного регулирования и пр.  |
| P4.T2 | Реакторные и парогенераторные установки  | Типы реакторов, изготавливаемых в РФ, их параметры и характеристики, вспомогательные устройства. Парогенераторные установки, их конструктивные и энергетические характеристики.  |
| P4.T3 | Системы обеспечения безопасности АЭС   | Нормативно-технические документы по обеспечению безопасности АЭС (ОПБ, ПБЯ, СП, НРБ и др.). Основные требования к системам безопасности. Классификация систем безопасности. Защитные,  |

|       |   |  |
|-------|---|--|
|       |   | локализующие, управляющие, обеспечивающие. Активные и пассивные системы безопасности. Примеры для отечественных АЭС.   |
| P5    | Системы и оборудование турбинного отделения |  |
| P5.T1 | Регенеративный подогрев питательной воды    | Регенеративный цикл и его тепловая экономичность. Выражения для КПД регенеративного цикла, удельного расхода пара, тепла для конденсационной и теплофикационной АЭС. Теоретически наивыгоднейшая температура питательной воды. Влияние затрат на ядерное топливо и переменных капиталовложений на выбор оптимального значения температуры питательной воды. Регенеративный подогрев питательной воды на одноконтурной АЭС с реактором кипящего типа. Влияние изменения температуры питательной воды на КПД, тепловую мощность реактора, паросодержание, величину недогрева. Метод определения оптимальной температуры питательной воды для АЭС с реакторами кипящего типа. Регенеративный подогрев питательной воды для двухконтурной АЭС. Метод определения оптимальной температуры питательной воды для двухконтурных АЭС. Схемы включения регенеративных подогревателей (смешивающих, поверхностных). Способы отвода конденсата греющего пара. Сравнительная экономичность различных схем дренажей. Конструкция поверхностного подогревателя для одноконтурной и двухконтурной АЭС. |
| P5.T2 | Деаэрационно-питательные установки          | Состав и назначение деаэрационно-питательных установок. Пути поступления газов в цикл. Способы дегазации питательной воды. Организация дегазации в термических деаэраторах. Выбор деаэратора и его использование в системе АЭС. Типы термических деаэраторов, их конструктивное выполнение и выбор параметров. Место деаэраторов в тепловой схеме АЭС. Деаэраторные баки, выбор их емкости. Питательные установки. Выбор числа, производительности и напора питательных насосов. Стандарты на питательные насосы с электроприводом и турбоприводом.  |
| P5.T3 | Испарительные и теплофикационные установки  | Испарительные установки. Назначение и типы. Конструктивное выполнение и схемы включения испарительных установок. Паропреобразователи, схемы их включения. Теплофикационные установки. Схемы теплофикационных установок для одно- и двухконтурных АЭС. Способы регулирования отпуска тепла. Пиковые установки. Методика теплового расчета сетевых подогревателей. Конструкция сетевых подогревателей.   |
| P5.T4 | Редукционные установки, трубопроводы и      | РОУ и БРОУ на АЭС, место их включения в тепловую схему АЭС. Трубопроводы, требования к ним, выбор материала, диаметра и скоростей  |

|       |  |  |
|-------|--|--|
|       | арматура                               | движения среды. Арматура трубопроводов, классификация по назначению и способу приведения их в движение. Правила установки арматуры на АЭС. Стандартизация трубопроводных изделий   |
| P5.T5 | Сепарация пара на АЭС                  | Назначение установок по сепарации пара. Влияние сепарации пара на тепловую эффективность АЭС. Процессы внутренней и промежуточной сепарации пара. Технологические особенности использования сепараторов пара в схемах АЭС различных типов. Конструкции паро-сепарационных установок. Сепараторы пароперегреватели современных АЭС – технические характеристики.  |
| P6    | Общестанционные системы и оборудование |  |
| P6.T1 | Установки технического водоснабжения   | Характеристика потребителей технической воды. Расход технической воды для АЭС разной мощности. Схемы обеспечения водой отдельных потребителей при речной и морской воде. Классификация систем водоснабжения. Прямоточное водоснабжение. Обратная (циркуляционная) система водоснабжения. Пруды-охладители, их характеристики. Градирни и брызгательные бассейны. Водоприемные устройства, насосные станции. Применение «сухих» градирен (как способ уменьшения тепловых выбросов в окружающую среду). Техничко-экономические соображения по выбору систем технического водоснабжения.                            |
| P6.T2 | Вентиляционные установки               | Назначение вентиляционных установок АЭС. Вентиляция помещений зоны свободного режима и зоны строгого режима. Приточная и вытяжная вентиляция. Расчетные кратности воздухообмена для разных помещений АЭС. Системы вентиляции обслуживаемых и необслуживаемых помещений. Фильтрация и фильтры для очистки от аэрозолей. Схемы вентиляционных установок. Обеспечение допустимых температур воздуха в производственных помещениях. Вентиляционные установки отечественных АЭС. Контроль работы вентиляционных установок. Санитарные нормы сбрасываемого воздуха. Воздуховоды, правила их прокладки.                 |
| P6.T3 | Дезактивационные установки             | Назначение дезактивационных установок. Установки непрерывного и периодического действия. Причины радиоактивных отложений в оборудовании первого контура. Методы периодического удаления радиоактивных отложений. Дезактивация жидких радиоактивных отходов. Различные группы жидких радиоактивных вод. Способы дезактивации радиоактивных вод. Выпарные аппараты, их схемы, конструкции. Хранение отработавших смол (пульпы) и кубового остатка. Дезактивация газообразных радиоактивных отходов. Схема выдержки радиоактивных газов в газгольдерной установке. Дезактивация инертных газов. Схемы адсорбционной |



|       |   |   |
|-------|---|---|
|       |   | очистки радиоактивных газов.  |
| P6.T4 | Установки переработки и захоронения радиоактивных отходов АЭС | Объемы радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации АЭС различных типов. Классификация РАО АЭС по уровню активности. Основные положения национальной концепции обращения с РАО АЭС. Основы технологий обращения с РАО-методы цементирования, битумирования, остекловывания РАО. Способы долговременного хранения и захоронения РАО.   |
| P7.   | Современные проблемы атомной энергетики и пути их решения.    |   |
| P7.T1 | Проблемы ресурсов ядерного топлива в России и в мире          | Объемы ресурсов ядерного топлива в России и в мире. Распределение ресурсов ядерного топлива по регионам мира. Мощности по переработке и обогащению урановых руд в странах мира. Баланс добычи и использования ядерного топлива в России и в мире.   |
| P7.T2 | АЭС нового поколения повышенного уровня безопасности          | Современные требования по обеспечению безопасности АЭС. АЭС повышенного уровня безопасности с ядерными реакторами на быстрых нейтронах с жидкометаллическим и газовым теплоносителями. АЭС повышенного уровня безопасности с ядерными реакторами, охлаждаемыми водой (кипящего типа и с водой под давлением). Перспективные типы АЭС – электроядерный, термоядерный, взрывной и пр. |
| P8    | Заключение  | Перспективы дальнейшего развития атомной энергетики. Повышение надежности, долговечности и безопасности атомных электростанций. Улучшение условий труда, санитарно-гигиенических условий на АЭС и окружающем районе. Вопросы охраны среды обитания как наиболее актуальные вопросы современности.   |

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

Семестр 9 (4 з.е.)

Объем дисциплины (зач.ед.): 8

| Раздел дисциплины |   | Аудиторные занятия (час.)     |                                | Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий |                      |   |   |            |                |                      |   |   |                  |                     |                               |                   |   |                              |   |                            |  |                  |              |                     |             |       |         |  |
|-------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|---|----------------------|---|---|------------|----------------|----------------------|---|---|------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|---|------------------------------|---|----------------------------|--|------------------|--------------|---------------------|-------------|-------|---------|--|
| Код раздела, темы | Наименование раздела, темы                              | Всего по разделу, теме (час.) | Всего аудиторной работы (час.) |   |                      | Всего самостоятельной работы студентов (час.) | Подготовка к аудиторным занятиям (час.) |            |                |                      |   | Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.) |                  |                     |                               |                   |   |                              | Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.) |                            | Подготовка к промежуточной аттестации по |                  |              |                     |             |       |         |  |
|                   |   |                               | Лекции                         | Семинары  | Практические занятия |   | Всего (час.)                            | Лекция     | Практ. занятие | Лабораторное занятие | Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум (магистратура) | Всего (час.)  | Домашняя работа* | Графическая работа* | Реферат, эссе, творч. работа* | Проектная работа* | Расчетная работа, разработка программного продукта* | Расчетно-графическая работа* | Домашняя работа на иностр. языке*                                 | Перевод инояз. литературы* | Курсовая работа*                         | Курсовой проект* | Всего (час.) | Контрольная работа* | Коллоквиум* | Зачет | Экзамен |  |
| P1                | Введение  | 9                             | 6                              | 2   | 4                    | 3   | 3                                       | 0,4        | 2,6            |                      |   |   |                  |                     |                               |                   |   |                              |   |                            |  |                  |              |                     |             |       |         |  |
| P2                | Производство и потребление энергии                      | 29                            | 8                              | 4   | 4                    | 21  | 3                                       | 0,8        | 2,2            |                      |   |   |                  |                     | 1                             |                   |   |                              |   |                            |  |                  |              |                     |             |       |         |  |
| P3                | Основы технологий атомной энергетики                    | 60                            | 36                             | 20  | 16                   | 24  | 18                                      | 4          | 14             |                      |   |   |                  |                     |                               |                   |   |                              |   |                            |  |                  |              |                     |             |       |         |  |
| P4                | Системы и оборудование реакторного отделения            | 42                            | 18                             | 8   | 10                   | 24  | 6                                       | 1,6        | 4,4            |                      |   |   |                  |                     |                               |                   |   |                              |   |                            | 12                                       | 2                |              |                     |             |       |         |  |
|                   | <b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b> | <b>140</b>                    | <b>68</b>                      | <b>34</b>   | <b>34</b>            | <b>72</b>                                     | <b>30</b>                               | <b>6,8</b> | <b>20,2</b>    |                      |   |   |                  |                     | <b>18</b>                     |                   |   |                              |   |                            | <b>12</b>                                | <b>12</b>        |              |                     |             |       |         |  |
|                   | Всего по дисциплине (час.):                             | 144                           | 68                             |   |                      | 76  |   |            |                |                      |   |   |                  |                     |                               |                   |   |                              |   |                            |  |                  |              |                     |             | 4     | 0       |  |



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

### 4.1. Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

### 4.2. Практические занятия

| Код раздела, темы | Номер занятия | Наименование практических занятий   | Время на проведение занятия (час.) |
|-------------------|---------------|---|------------------------------------|
| P1                | 1             | Введение  | 4                                  |
| P2                | 2             | Методика расчета параметров и технико-экономических показателей АЭС   | 4                                  |
| P3                | 3             | Расчет циклов Ренкина для АЭС   | 4                                  |
| P3                | 4             | Расчет циклов Брайтона для газотурбинных АЭС  | 4                                  |
| P3                | 5             | Расчет комбинированных термодинамических циклов   | 4                                  |
| P3                | 6             | Расчет регенеративных подогревателей  | 4                                  |
| P4                | 7             | Изучение системы продувки главного реакторного контура<br>Изучение системы организованных протечек главного реакторного контура<br>Изучение системы подпитки главного реакторного контура,<br>Изучение системы борного регулирования главного реакторного контура | 10                                 |
| P5                | 8             | Изучение схем турбинных установок насыщенного и перегретого пара.<br>Изучение режимов работы ПТУ АЭС. Пусковые режимы АЭС с ВВЭР и РБМК. Эксплуатационные режимы.<br>Аварийные режимы.  | 8                                  |
| P6                | 9             | Изучение схем технического водоснабжения АЭС.<br>Расчет количества охлаждающей воды.<br>Расчет поверхностей охладителей.<br>Изучение схем вентиляционных установок.<br>Расчет производительности систем спецвентиляции  | 9                                  |
| Всего:            |               |   | 51                                 |

### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

ДЗ № 1 Исследование тепловой эффективности паротурбинного цикла.

ДЗ № 2 Регенеративный подогрев и повышение эффективности паротурбинного цикла.

ДЗ № 3 Исследование тепловой эффективности теплофикационного паротурбинного цикла.

ДЗ № 4 Построение в T-S и h-S диаграммах паротурбинных циклов.

#### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено

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

Не предусмотрено

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

Не предусмотрено

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

Не предусмотрено

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

Разработка и расчет тепловой схемы одноконтурной АЭС с одноцилиндровой

паротурбинной установкой с одним регенеративным отбором пара.

#### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов

1. Расчет тепловой схемы АЭС с реактором ВВЭР.
2. Расчет тепловой схемы АЭС с реактором РБМК.
3. Расчет тепловой схемы АЭС с реактором БН.

#### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

КР №1 Расчет термического КПД цикла АЭС (варианты 1-10).

КР №2 Расчет КПД нетто АЭС (варианты 1-10).

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

*Не предусмотрено*

### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

| Код раздела, темы дисциплины | Активные методы обучения |             |              |                     |                  |                         | Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение |                                    |                             |  |   |                         |
|------------------------------|--------------------------|-------------|--------------|---------------------|------------------|-------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|--|---|-------------------------|
|                              | Проектная работа         | Кейс-анализ | Деловые игры | Проблемное обучение | Командная работа | Другие (указать, какие) | Сетевые учебные курсы   | Виртуальные практикумы и тренажеры | Вебинары и видеоконференции | Асинхронные web-конференции и семинары | Совместная работа и разработка контента | Другие (указать, какие) |
| P1                           |                          | +           |              | +                   |                  |                         |   |                                    |                             |  |   |                         |
| P2                           | +                        | +           |              | +                   |                  |                         |   |                                    |                             |  |   |                         |
| P3                           | +                        | +           |              | +                   |                  |                         |   |                                    |                             |  |   |                         |
| P4                           | +                        | +           |              | +                   |                  |                         |   |                                    |                             |  |   |                         |
| P5                           | +                        | +           |              | +                   |                  |                         |   |                                    |                             |  |   |                         |
| P6                           | +                        | +           |              | +                   |                  |                         |   |                                    |                             |  |   |                         |
| P7                           | +                        | +           |              | +                   |                  |                         |   |                                    |                             |  |   |                         |
| P8                           | +                        | +           |              | +                   |                  |                         |   |                                    |                             |  |   |                         |

### 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

### 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

### 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

### 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 9.1. Рекомендуемая литература

##### 9.1.1. Основная литература

- 1 Велькин В.И. Атомная энергетика мира. Состояние и перспективы : учеб. пособие / В. И. Велькин ; науч. ред. Г. П. Титов ; Урал. гос. техн. ун-т, [Каф. "Атом. энергетика"] .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2005 .— 166 с. – 30 экземпляров на кафедре.
2. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / А.И. Бельтюков, А.И. Карпенко, С.А. Полуяктов, О.Л. Ташлыков, Г.П. Титов, А.М. Тучков, С.Е. Щеклеин; под общ. ред. С.Е.Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 548 с. – 5 экз + 25 экземпляров на кафедре.
3. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2/А.И. Бельтюков, А.И. Карпенко, С.А. Полуяктов, О.Л. Ташлыков, Г.П. Титов, А.М. Тучков, С.Е. Щеклеин; под общ. ред. С.Е.Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 420 с. – 5 экз + 25 экз на кафедре.

### **9.1.2. Дополнительная литература**

1. Ривкин, Соломон Лазаревич. Термодинамические свойства воды и водяного пара : справочник / С. Л. Ривкин, А. А. Александров .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1984 .— 80 с. : диагр. ; 26 см. — Библиогр.: с. 79 (10 назв.). – 37 экземпляров
2. Ратников Е. Ф. Основы атомной энергетики: Учеб. пособие / Ред.С.Е. Щеклеин; УГТУ. - Екатеринбург : УГТУ, 1997. - 112с. – 3 экз. + 25 экз. на кафедре.
3. Маргулова, Тереза Христофоровна. Водные режимы тепловых и атомных электростанций : Учеб. для вузов .— 2-е изд., испр. и доп. — М. : Высш. шк., 1987 .— 319с. — допущено в качестве учебника .— 1.00. – 22 экз.
4. Кирилов П. Л., Юрьев Ю. С., Бобков В. П. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) / Под общ. ред. П. Л. Кириллова. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 20 экземпляров .

### **9.2. Методические разработки, в том числе электронные образовательные ресурсы**

- 1.Щеклеин С.Е. «Атомные электростанции»  
Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=7187](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=7187)
2. Щеклеин С.Е. и др. «Атомные электростанции с реакторами размножителями на быстрых нейтронах»  
Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=7986](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=7986)
3. Борисова Е.В., Титов Г.П., Щеклеин С.Е. « АЭС с реакторами на быстрых нейтронах» Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=8426](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=8426)
4. Борисова Е.В., Щеклеин С.Е. «Вывод АЭС из эксплуатации»  
Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=8306](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=8306)
- 5.Ташлыков О.Л., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е. «Деактивация и управление радиационным состоянием оборудования АЭС»  
Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=8309](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=8309)
- 6.Титов Г.П., Щеклеин С.Е. «Проектирование АЭС»  
Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=4484](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=4484)
- 7.Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. «Атомные электростанции с реакторами размножителями на быстрых нейтронах: Технологии ремонта и технического обслуживания»  
Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=8298](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=8298)
- 8.Ташлыков О.Л., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е. «Деактивация и управление радиационным состоянием оборудования АЭС»  
Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=8309](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=8309)
- 9.Велькин В.И. «Насосы, трубопроводы и арматура»  
Режим доступа [http://study.urfu.ru/umk/umk\\_view.aspx?id=4452](http://study.urfu.ru/umk/umk_view.aspx?id=4452)

### **9.3. Программное обеспечение**

Не используется.

#### **9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
2. Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет»  
Режим доступа: <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm>
3. Российская национальная библиотека  
Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
4. Публичная электронная библиотека  
Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
5. Библиотека нормативно-технической литературы  
Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>
6. Электронная библиотека нормативно-технической документации  
Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
7. Библиотека В. Г. Белинского  
Режим доступа: <http://book.uraic.ru>
8. База и Генератор Образовательных Ресурсов  
Режим доступа <http://bigor.bmstu.ru/>
9. Электронный каталог зональной научной библиотеки УрФУ.  
Режим доступа: [lib.urfu.ru](http://lib.urfu.ru)

#### **9.5. Электронные образовательные ресурсы**

1. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ.  
Режим доступа: [study.urfu.ru](http://study.urfu.ru)
2. Программно-методический комплекс «Gen Test»

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

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Лекционный материал должен изучаться в специализированной аудитории, оснащенной современным компьютером с подключенным к проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран. Для проведения лекционных занятий используется специализированная аудитория с мультимедийным проектором. Для проведения практических занятий используется Учебно-тренировочный комплекс и специализированные аудитории кафедры «Атомные станции и ВИЭ», включая :

Макет АЭС с реактором ВВЭР 1000

Макет АЭС с реактором БН 800

Поляроидные технологические и тепловые схемы АЭС с реакторами ВВЭР 1000, РБМК 1000, БН 600, БН 800

Комплект плакатов по конструкциям элементов АЭС

Мультимедийные лекции по АЭС, парогенераторам и теплообменному оборудованию АЭС на CD- носителе.

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины –**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине IX семестр**

| <b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,5</b>   |  |                                     |
|--|--|-------------------------------------|
| <b>Текущая аттестация на лекциях</b>   | <b>Сроки – семестр, учебная неделя</b> | <b>Максимальная оценка в баллах</b> |
| <i>Посещение</i>   | IX, 1-17                               | 20                                  |
| <i>Расчетно-графическая работа (Разработка и расчет тепловой схемы одноконтурной АЭС с одноцилиндровой паротурбинной установкой с одним регенеративным отбором пара)</i> | IX, 3-8                                | 40                                  |
| <i>Контрольная работа 1 (Расчет термического КПД цикла АЭС)</i>  | IX, 12-15                              | 20                                  |
| <i>Контрольная работа 2 (Расчет КПД нетто АЭС)</i>   | IX, 14-17                              | 20                                  |
| <b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,4</b>  |  |                                     |
| <b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>   |  |                                     |
| <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,6</b>  |  |                                     |
| <b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,5</b>   |  |                                     |
| <b>Текущая аттестация на практических занятиях</b>   | <b>Сроки – семестр, учебная неделя</b> | <b>Максимальная оценка в баллах</b> |
| <i>Выполнение заданий на занятии</i>   | IX, 9-17                               | 40                                  |
| <i>Домашняя работа №1 (Исследование тепловой эффективности паротурбинного цикла)</i>   | IX, 9-10                               | 15                                  |
| <i>Домашняя работа №2 (Регенеративный подогрев)</i>  | IX, 11-12                              | 15                                  |
| <i>Домашняя работа №3 (Исследование тепловой эффективности теплофикационного паротурбинного цикла)</i>   | IX, 13-14                              | 15                                  |
| <i>Домашняя работа №4 (Построение в T-S и h-S диаграммах паротурбинных циклов)</i>   | IX, 15-16                              | 15                                  |
| <b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1,0</b>  |  |                                     |
| <b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена</b>  |  |                                     |

**X семестр**

| <b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,5</b>   |  |                                     |
|--|--|-------------------------------------|
| <b>Текущая аттестация на лекциях</b>   | <b>Сроки – семестр, учебная неделя</b> | <b>Максимальная оценка в баллах</b> |
| <i>Посещение</i>   | X, 1-17                                | 100                                 |
| <b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,4</b>  |  |                                     |
| <b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>   |  |                                     |
| <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,6</b>                                      |  |                                     |
| <b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,5</b> |  |                                     |



|   |  |                                     |
|---|--|-------------------------------------|
| <b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>  | <b>Сроки – семестр, учебная неделя</b> | <b>Максимальная оценка в баллах</b> |
| <i>Выполнение заданий на занятии</i>  | X, 1-17                                | 100                                 |
| <b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1,0</b> |  |                                     |
| <b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>                         |  |                                     |

### **6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**

|   |  |                                     |
|---|--|-------------------------------------|
| <b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>  | <b>Сроки – семестр, учебная неделя</b> | <b>Максимальная оценка в баллах</b> |
| Анализ источников и формирование входных данных   | X, 10-12                               | 20                                  |
| Расчет тепловой схемы   | X, 13-14                               | 50                                  |
| Разработка компоновочных решений  | X, 15-17                               | 30                                  |
| <b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – 0,7</b>                |  |                                     |
| <b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – 0,3</b> |  |                                     |

### **6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

|  |  |
|--|--|
| <b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b> | <b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b> |
| Семестр 9  | <b>0,5</b>   |
| Семестр 10   | <b>0,5</b>   |

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

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

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

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

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

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

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

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ

### – 8.3.1. Примерные задания для проведения контрольных работ

- КР №1 Расчет термического КПД цикла АЭС (варианты 1-10).

**Задание:** Расчет термического КПД цикла АЭС, работающих по теоретическому циклу Ренкина.

**Указания:** Влажность на выходе принять не выше  $x = 0,87$ .

Таблица вариантов заданий.

| Вариант     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P_0$ , МПа | 6     | 5     | 6,5   | 7     | 7,5   | 8     | 6,1   | 5     | 13    | 24    |
| $T_0$ , °С  | 295   | 305   | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | 300   | $T_s$ | 505   | 565   |
| $P_k$ , МПа | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 |

КР №2 Расчет КПД нетто АЭС (варианты 1-10).

**Задание:** Расчет КПД нетто АЭС, работающих по регенеративному циклу Ренкина.

**Указания:** При расчете учитывать только основное насосное оборудование, слив дренажей принять- каскадный .

Таблица вариантов заданий.

| Вариант          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P_0$ , МПа      | 6     | 5     | 6,5   | 7     | 7,5   | 8     | 6,1   | 5     | 13    | 24    |
| $T_0$ , °С       | 295   | 305   | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | 300   | $T_s$ | 505   | 565   |
| $P_k$ , МПа      | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 |
| $P_{отб1}$ , МПа | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,3   | 0,4   |
| $P_{отб2}$ , МПа | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,5   | 4     |
| $T_{пв1}$ , °С   | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 150   | 180   |
| $T_{пв2}$ , °С   | 200   | 200   | 200   | 200   | 200   | 200   | 200   | 200   | 220   | 250   |
| $N_0$ , МВт      | 200   | 300   | 350   | 400   | 500   | 200   | 300   | 400   | 200   | 300   |

### – 8.3.2. Примерные задания для проведения домашней работы

**ДЗ № 1 Исследование тепловой эффективности паротурбинного цикла** (варианты 1-10).

**Задание:** Сравнить расход пара, влажность на выходе цилиндров турбины и термический КПД для двух вариантов паротурбинных установок, работающих по:

- теоретическому циклу Ренкина;
- циклу с двухступенчатым перегревом пара при разделительных давлениях  $P_{разд}$  (греющий пар 1-ой ступени с давлением  $P_1$ ; греющий пар 2-ой ступени с давлением  $P_0$ ) и сбросом дренажей ПП1 и ПП2 в конденсатор;

Для каждого варианта составить энергетический баланс.

**Указания:** Выбор разделительных давлений  $P_{разд}$  произвести по условиям одинаковой влажности на выходе ЦВД и ЦНД ( $x = 0,87$ ); давление греющего пара 1-ой ступени  $P_1$  выбрать по

условиям равенства подогревов в ПП1 и ПП2; недогрев до насыщения в ПП1 и ПП2 принять равным 15 °С; сжатие воды в питательном насосе не учитывать.

Таблица вариантов заданий.

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $P_o$ , МПа | 6     | 5     | 6,5   | 7     | 7,5   | 8     | 6,1   | 5     | 13    | 24    |
| $T_o$ , °С  | 295   | 305   | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | 300   | $T_s$ | 505   | 565   |
| $P_k$ , МПа | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 |
| $N_o$ , МВт | 200   | 300   | 350   | 400   | 500   | 200   | 300   | 400   | 200   | 300   |

### ДЗ № 2 Регенеративный подогрев и повышение эффективности паротурбинного цикла (варианты 1-10).

**Задание:** Выполнить расчет тепловой схемы паротурбинной установки, работающей по регенеративному циклу Ренкина. В схеме установки два подогревателя: верхний-поверхностный, нижний смешивающий; в верхнем подогревателе имеется охладитель дренажа. Определить общий расход пара  $D_o$  на турбину, удельный расход пара, удельный расход тепла  $q_{ту}$  на турбоустановку. Сравнить показатели с установкой, работающей по теоретическому циклу Ренкина.

**Указания:** Недогрев воды до насыщения ( в зоне конденсации) принять равным 3 °С; температурный напор на входе в охладитель дренажа принять равным 10 °С; потери давления в элементах схемы не учитывать. Варианты слива дренажа греющего пара: 1-в П1, 2- в конденсатор.

Таблица вариантов заданий.

|                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант                              | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $P_o$ , МПа                          | 6     | 5     | 6,5   | 7     | 7,5   | 8     | 6,1   | 5     | 13    | 24    |
| $T_o$ , °С                           | 295   | 305   | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | 300   | $T_s$ | 505   | 565   |
| $P_k$ , МПа                          | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 |
| $P_{отб1}$ , МПа                     | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,3   | 0,4   |
| $P_{отб2}$ , МПа                     | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,5   | 4     |
| $T_{пв1}$ , °С                       | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 150   | 180   |
| $T_{пв2}$ , °С                       | 200   | 200   | 200   | 200   | 200   | 200   | 200   | 200   | 220   | 250   |
| Вариант<br>схемы<br>слива<br>дренажа | 1     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2     | 1     | 1     | 2     | 1     |
| $N_o$ , МВт                          | 200   | 300   | 350   | 400   | 500   | 200   | 300   | 400   | 200   | 300   |

### ДЗ № 3 Исследование тепловой эффективности теплофикационного паротурбинного цикла (варианты 1-10).

**Задание:** Сравнить расход пара, влажность на выходе цилиндров турбины и термический КПД для двух вариантов паротурбинных установок, работающих по:

- теоретическому циклу Ренкина;
- для цикла с нерегулируемым отпуском теплоты  $Q_t$ , при неизменном расходе пара на турбину и теплофикационном отборе с давлением  $P_t$ ;
- экономию теплоты при комбинированной выработке электроэнергии и теплоты по сравнению с отдельной выработкой.

**Указания:** В сравниваемых вариантах количество энергии принять равным. Выработку теплоты произвести на АСТ. Потери давления в элементах схемы не учитывать.

Таблица вариантов заданий.

|                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Вариант             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| $N_o$ , МВт         | 1000 | 800  | 750  | 850  | 600  | 700  | 570  | 450  | 500  | 900  |
| $\eta_{oi}$         | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| $\Delta N_{м, МВт}$ | 2,9  | 1,9  | 1,9  | 1,9  | 1,6  | 1,9  | 1,9  | 0,9  | 1,9  | 2,9  |
| $\Delta N_t$        | 18   | 20   | 14   | 16   | 11   | 14   | 13   | 10   | 12   | 5    |

|              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| МВт          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $\eta_{гр}$  | 0,98  | 0,985 | 0,98  | 0,98  | 0,985 | 0,985 | 0,98  | 0,985 | 0,98  | 0,985 |
| $\eta_{япу}$ | 0,905 | 0,92  | 0,945 | 0,93  | 0,91  | 0,91  | 0,94  | 0,94  | 0,905 | 0,905 |
| $P_k$ , МПа  | 7     | 6     | 5     | 6     | 7     | 4,5   | 6     | 7,5   | 7     | 6     |
| $T_o$ , °C   | $t_s$ | $t_s$ | $t_s$ | $t_s$ | $t_s$ | $t_s$ | $t_s$ | $t_s$ | $t_s$ | $t_s$ |
| $P_k$ , МПа  | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 |
| $P_r$ , МПа  | 0,25  | 0,2   | 0,18  | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2   |
| $Q_r$ , МВт  | 100   | 105   | 130   | 140   | 200   | 50    | 75    | 60    | 50    | 20    |

#### ДЗ № 4 Построение в T-S и h-S диаграммах паротурбинных циклов (варианты 1-10).

**Задание:** Построить в T-S и h-S паротурбинные циклы АЭС с заданными начальными, промежуточными и конечными параметрами пара. Определить значения энтальпий и энтропий в характерных точках.

**Указания:** Решение привести для теоретического цикла Ренкина.

|                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $P_o$ , МПа      | 6     | 5     | 6,5   | 7     | 7,5   | 8     | 6,1   | 5     | 13    | 24    |
| $T_o$ , °C       | 295   | 305   | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | 300   | $T_s$ | 505   | 565   |
| $P_k$ , МПа      | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 |
| $P_{отб1}$ , МПа | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,24  | 0,3   | 0,4   |
| $P_{отб2}$ , МПа | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,2   | 2,5   | 4     |
| $\eta_{oi}$      | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  |

#### – 8.3.3. Примерные задания для проведения расчетно-графической работы

Разработать тепловую схему одноконтурной АЭС с одноцилиндровой паротурбинной установкой с одним регенеративным отбором пара и рассчитать требуемый расход пара для получения заданной мощности, термический КПД, КПД нетто, удельные расходы пара, тепла и ядерного топлива.

**Указания:** Дренаж греющего пара направить в конденсатор. КПД насосов принять  $\eta_n = 0,8$ . Недогрев воды до насыщения в подогревателе ( в зоне конденсации) принять равным 3 °C. Промперегрев и теплофикация отсутствуют

Таблица вариантов заданий.

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $P_o$ , МПа | 6     | 5     | 6,5   | 7     | 7,5   | 8     | 6,1   | 5     | 13    | 24    |
| $T_o$ , °C  | 295   | 305   | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | $T_s$ | 300   | $T_s$ | 505   | 565   |
| $\eta_{oi}$ | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  |
| $P_k$ , МПа | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 |
| $N_o$ , МВт | 200   | 300   | 350   | 400   | 500   | 200   | 300   | 400   | 200   | 300   |

#### 8.3.4. Примерные задания на курсовой проект

**Разработать проект АЭС с энергоблоком мощностью 1000 МВт с реактором ВВЭР.**

Паропроизводительная установка двухконтурная, с водо-водяным реактором под давлением, с промежуточным перегревом пара.

Исходные данные для I контура:

- давление воды  $P_1 = 16$  МПа;
- температура теплоносителя на входе в реактор  $T_{вх} = 289$  °C;
- температура носителя на выходе из реактора  $T_{вых} = 322$  °C.

Исходные данные для II контура:

- давление острого пара  $P_2 = 5,88$  МПа;
- температура питательной воды  $t_{пв} = 225$  °C;

- температура промперегрева  $t_{\text{III}} = 250$  °С;
- перепад давления в промперегревателе  $\Delta P_{\text{III}} = 0,06$  МПа;
- давление в деаэраторе  $P_{\text{д}} = 0,69$  МПа;
- давление в конденсаторе  $P_{\text{к}} = 0,004$  МПа;
- сухость пара после ЦВД  $X_{\text{ЦВД}} = 0,881$ ;
- сухость пара после ЦНД  $X_{\text{ЦНД}} = 0,87$ ;
- отопительная установка  $Q_{\text{отоп}} = 120$  МВт.

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для зачета

- Этапы развития электроэнергетики России.
- Факторы стимулирующие развитие атомной энергетики.
- Общее состояние и перспективы развития атомной энергетики РФ.
- Армянская АЭС - устройство, основные характеристики и особенности.
- Балаковская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Белоярская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Билибинская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Игналинская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Запорожская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Ленинградская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Кольская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Курская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Смоленская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Ровенская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Ростовская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Хмельницкая АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Чернобыдская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Шевченковская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Сибирская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
- Атомная энергетика США- этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
- Атомная энергетика ФРГ- этапы развития, основные характеристики и национальные особенности..
- Атомная энергетика Японии - этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
- Атомная энергетика Франции - этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
- Атомная энергетика Великобритании - этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
- Атомная энергетика США- этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
- Экология атомной энергетики.
- Суточный график электрических нагрузок. Основные составляющие.
- График по продолжительности. Методика построения.
- График тепловых нагрузок. Методы расчета тепловых нагрузок.
- Типы и схемы АЭС с водным теплоносителем.
- Типы и схемы АЭС с газовым теплоносителем.
- Типы и схемы АЭС с ЖМТ.
- Схема АЭС с реактором ВВЭР-1000.

- Показатели надежности АЭС.
- Коэффициенты полезного действия АЭС.
- Удельные расходы пара, тепла и топлива.
- Выбор и методика оптимизации начальных параметров пара.
- Влияние влажности в конце процесса расширения на технико-экономические показатели АЭС.
- Регенеративный подогрев питательной воды на АЭС.
- Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на одноконтурных АЭС с реактором кипящего типа.
- Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на двухконтурных АЭС с ПГ без экономайзера.
- Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на двухконтурных АЭС с ПГ с экономайзером.
- Критерии выбора температуры питательной воды для разных типов АЭС.
- Типы и схемы включения регенеративных установок.
- Баланс рабочего тела на АЭС.
- Порядок расчета тепловой схемы АЭС.
- Влияние максимальной температуры покрытия ТВЭЛ на температуру подвода тепла в цикле.
- Методы промежуточной сепарации и перегрева пара.
- Основные типы и конструкции подогревателей низкого и высокого давления.
- Общее состояние и перспективы развития атомной энергетики мира.
- Методика расчета смешивающих подогревателей.
- Методика расчета поверхностных подогревателей

### **8.3.6. Перечень примерных вопросов для экзамена**

- Суточный график электрических нагрузок. Основные составляющие.
- График по продолжительности. Методика построения.
- График тепловых нагрузок. Методы расчета тепловых нагрузок.
- Типы и схемы АЭС с водным теплоносителем.
- Типы и схемы АЭС с газовым теплоносителем.
- Типы и схемы АЭС с ЖМТ.
- Схема АЭС с реактором ВВЭР-1000.
- Показатели надежности АЭС.
- Коэффициенты полезного действия АЭС.
- Удельные расходы пара, тепла и топлива.
- Выбор и методика оптимизации начальных параметров пара.
- Влияние влажности в конце процесса расширения на технико-экономические показатели АЭС.
- Регенеративный подогрев питательной воды на АЭС.
- Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на одноконтурных АЭС с реактором кипящего типа.
- Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на двухконтурных АЭС с ПГ без экономайзера.
- Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на двухконтурных АЭС с ПГ с экономайзером.
- Критерии выбора температуры питательной воды для разных типов АЭС.
- Типы и схемы включения регенеративных установок.
- Баланс рабочего тела на АЭС.
- Порядок расчета тепловой схемы АЭС.
- Влияние максимальной температуры покрытия ТВЭЛ на температуру подвода тепла в цикле.
- Методы промежуточной сепарации и перегрева пара.

- Основные типы и конструкции подогревателей низкого и высокого давления.
- Методика расчета смешивающих подогревателей.
- Методика расчета поверхностных подогревателей.
- Системы технического водоснабжения АЭС. Назначение. Типы.
- Системы технического водоснабжения с прудом охладителем - характеристики, примеры использования.
- Прямоточная система технического водоснабжения - характеристики, примеры использования.
- Система технического водоснабжения с градирнями - характеристики, примеры использования.
- Деаэрационно- питательные установки АЭС.
- Системы спецвентиляции АЭС. (Вентиляционные центры АЭС).
- Системы дезактивации твердых и жидких радиоактивных отходов АЭС.
- Системы дезактивации газообразных отходов АЭС.
- Потребители тепловой и электрической энергии.
- Испарительные и теплофикационные установки АЭС - характеристики, примеры использования.
- Редукционные установки АЭС. Назначение. Типы.
- Особенности тепловой схемы АЭС с реактором БН-600- устройство, основные характеристики и особенности.
- АЭС повышенной безопасности с реактором БН-600М- устройство, основные характеристики и особенности.
- Система компенсации давления ВВЭР.
- Назначение и устройство пуско- резервной котельной АЭС.
- Система планового расхолаживания АЭС.
- Система аварийного охлаждения реактора РБМК.
- Система аварийного охлаждения зоны ВВЭР. Активная и пассивная части.
- Основные этапы снятия АЭС с эксплуатации.
- Классификация РАО АЭС по уровню активности.
- Классификация ТРО АЭС.
- Классификация ЖРО АЭС.
- Основные положения концепции обращения с РАО АЭС.
- Объемы производства и потребления ядерного топлива в мире и в РФ.
- Эффективность ядерного топливного цикла и пути ее повышения.
- Экологическая нагрузка при нормальной эксплуатации АЭС.

### **8.3.7. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

- *не используются*

### **8.3.8. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

- *не используются*

### **8.3.9. Интернет-тренажеры**

- *не используются*