

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИИЭ


 Матвеев А.С.
 «26» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

| Реакторы и парогенераторы АЭС | | |
|---|---|-----|
| Направление подготовки/ специальность | 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника | |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | Агрегаты электростанций и газоперекачивающих систем | |
| Специализация | Котлоагрегаты и камеры сгорания | |
| Уровень образования | высшее образование - бакалавриат | |
| Курс | 4 семестр 7 | |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) | 3 | |
| Виды учебной деятельности | Временной ресурс | |
| Контактная (аудиторная) работа, ч | Лекции | 24 |
| | Практические занятия | 24 |
| | Лабораторные занятия | – |
| | ВСЕГО | 48 |
| Самостоятельная работа, ч | | 60 |
| ИТОГО, ч | | 108 |

| Вид промежуточной аттестации | экзамен | Обеспечивающее подразделение | НОЦ И.Н. Бутакова |
|--|--|------------------------------|----------------------|
| Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель |  | | Заворин А.С. |
| |  | | Тайлашева Т.С. |
| |  | | Ташлыков А.А. |

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенций | | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) | |
|-----------------|--|-----------------------------------|--|---|--|
| | | Код индикатора | Наименование индикатора достижения | Код | Наименование |
| ПК(У)-1 | Способен руководить производственным коллективом, осуществляющим эксплуатацию котлов, работающих на твердом топливе | И.ПК(У)-1.1 | Планирование деятельности по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе | ПК(У)-1.133 | Знает режимы работы и настройки парогенерирующего и вспомогательного оборудования |
| ПК(У)-3 | Способен осуществлять подготовку проектной документации по отдельным узлам и элементам теплоэнергетического оборудования | И.ПК(У)-3.2 | Выполнение компоновочных решений, тепловых схем, разводки трубопроводов и элементов энергетического оборудования | ПК(У)-3.2B2 | Владеет опытом выполнения тепловой схемы, разводки трубопроводов, чертежей газоходов и воздухопроводов, сечений, узлов и элементов по тепломеханическим решениям |
| | | | | ПК(У)-3.2У1 | Умеет работать с каталогами и справочниками, электронными базами данных энергетического оборудования |
| | | | | ПК(У)-3.231 | Знать номенклатуру и технические характеристики современного энергетического оборудования, арматуры и материалов |
| ПК(У)-4 | Способен выполнять специальные расчеты для проектирования котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей | И.ПК(У)-4.1 | Выполнение тепловых и гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем с выбором оборудования | ПК(У)-4.1B1 | Владеет опытом выполнения тепловых и гидравлических расчетов энергетического оборудования |
| | | | | ПК(У)-4.1У1 | Умеет выполнять тепловых и гидравлических расчетов энергетического оборудования |
| | | | | ПК(У)-4.131 | Знает тепловые и гидравлические расчеты энергетического оборудования |

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине | | Индикатор достижения компетенции |
|---|---|----------------------------------|
| Код | Наименование | |
| РД 1 | Знать о современном состоянии и тенденциях развития атомной энергетики, роли АЭС в топливно-энергетическом балансе; | И.ПК(У)-1.1 |
| РД 2 | Знать классификацию и основные конструкции парогенераторов и реакторов АЭС; | И.ПК(У)-1.1 И.ПК(У)-3.2 |
| РД 3 | Принимать обоснованные технические решения при проектировании конструкций реакторов и парогенераторов АЭС; | И.ПК(У)-3.2 И.ПК(У)-4.1 |
| РД 4 | Проводить теплофизические расчёты АЭС; | И.ПК(У)-3.2 И.ПК(У)-4.1 |
| РД 5 | Использовать методики тепловых и компоновочных гидравлических расчётов парогенератора АЭС; | И.ПК(У)-3.2 И.ПК(У)-4.1 |
| РД 6 | Проводить прочностные расчёты парогенератора АЭС. | И.ПК(У)-4.1 |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|---|--|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Ядерный реактор и ядерное топливо | РД 1, РД 2 | Лекции | 4 |
| | | Практические занятия | 4 |
| | | Лабораторные занятия | – |
| | | Самостоятельная работа | 6 |
| Раздел 2. Основы теории физических процессов в ядерных реакторах | РД 2, РД 3 | Лекции | 4 |
| | | Практические занятия | 4 |
| | | Лабораторные занятия | – |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 3. Конструкции и расчет ядерных реакторов | РД 1, РД 3, РД 4 | Лекции | 6 |
| | | Практические занятия | 6 |
| | | Лабораторные занятия | – |
| | | Самостоятельная работа | 20 |
| Раздел 4. Парогенераторы АЭС | РД 4, РД 5, РД 6 | Лекции | 10 |
| | | Практические занятия | 10 |
| | | Лабораторные занятия | – |
| | | Самостоятельная работа | 24 |

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Ядерный реактор и ядерное топливо

Темы лекций:

1. Атомная энергетика, принципиальные тепловые схемы атомных электростанций, особенности ядерного реактора как энергетического устройства.
2. Ядерное топливо.

Темы практических занятий:

1. Выбор тепловой и конструктивной схемы парогенераторов по заданным параметрам теплоносителя и рабочего тела.
2. Разработка и построение тепловой диаграммы парогенератора.

Раздел 2. Основы теории физических процессов в ядерных реакторах

Темы лекций:

1. Ядерные превращения, воспроизводство ядерного топлива, теория критических размеров.
2. Конструкции и расчет ядерных реакторов: критические размеры реактора, основные уравнения. нейтронный цикл в реакторе на тепловых нейтронах. коэффициент размножения нейтронов, реактивность, условия критичности, гомогенный реактор без отражателя, материальный и геометрический параметры, критические размеры и объем активной зоны различных геометрических форм, материалы отражателя нейтронов, влияние отражателя на критические размеры реактора, физические особенности гетерогенных ядерных реакторов, особенности расчета критических размеров гетерогенных реакторов.

Темы практических занятий:

1. Тепловой расчет поверхности нагрева

Раздел 3. Конструкции и расчет ядерных реакторов

Темы лекций:

1. Конструктивные и нейтронно-физические особенности водоводяных энергетических реакторов. Компенсация избыточной реактивности и органы управления.

- Коэффициент неравномерности энерговыделения.
2. Методика теплового и физического расчета реактора. Определение размеров активной зоны, коэффициентов запаса по критической тепловой нагрузке, расчет распределения температур в тепловыделяющем элементе, определение коэффициента размножения нейтронов.
 3. Конструктивные и физические особенности канальных графитовых реакторов. Тяжеловодные реакторы. Газографитовые реакторы. Конструкция. Тепловыделяющие элементы. Реакторы на быстрых нейтронах.

Темы практических занятий:

1. Выполнение конструкционного расчета и расчета на прочность основных элементов парогенератора.
2. Компоновка поверхности нагрева и сепарационных устройств в корпусе парогенератора.

| |
|-------------------------------------|
| Раздел 4. Парогенераторы АЭС |
|-------------------------------------|

Темы лекций:

1. Принципиальные схемы выработки пара на АЭС. Паропроизводящие установки АЭС. Влияние теплофизических свойств теплоносителей на параметры паротурбинного цикла. Характеристика трактов теплоносителя и рабочего тела. Влияние свойств теплоносителя и параметров рабочего тела на конструктивные схемы парогенераторов.
2. Парогенераторы на водном, газовом и жидкометаллическом теплоносителе. Выбор параметров теплоносителя и рабочего тела. Теплотехнические схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам АЭС. Конструкционные материалы парогенераторов АЭС. Тепловые схемы и диаграммы парогенераторов АЭС.
3. Парогенераторы, обогреваемые водой под давлением. Исполнение поверхностей нагрева. Способ крепления и дистанционирования труб при разделении потоков в теплообменных поверхностях. Сравнительные характеристики парогенераторов вертикального и горизонтального исполнения. Особенности конструктивного исполнения парогенераторов с жидкометаллическим и газовым теплоносителями. Элементы парогенераторов. Влияние конструктивных решений на надежность и экономичность парогенераторов.
4. Исходные данные к проектированию парогенераторов АЭС. Основные этапы проектирования, виды расчетов и их взаимосвязь. Основные положения и задачи теплового расчета. Методика теплового расчета. Расчетные уравнения. Возможности интенсификации теплообмена. Особенности расчета парогенераторов различных конструктивных схем.
5. Конструкторский расчет парогенератора и теплообменных поверхностей, компоновка поверхности теплообмена в корпусе парогенератора. Методика компоновочного расчета поверхности нагрева. Определение основных характерных размеров элементов парогенераторов.

Темы практических занятий:

1. Расчет ухудшенного теплообмена, расчет сепараторов пара, гидравлический расчет, расчет водного режима парогенератора.
2. Разработка конструкции парогенератора и его размещение в боксе. Установка опорных элементов, компенсаторов и трассировка трубопроводов.
3. Конструктивное выполнение отдельных узлов: фланцевые уплотнения, вальцовка труб в трубных досках и коллекторах, дистанционирование труб в пучках, сварные швы обечаек и корпусных элементов.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Рассохин, Николай Георгиевич. Парогенераторные установки атомных электростанций: учебник / Н. Г. Рассохин. – 4-е изд., перераб. и доп.. – Екатеринбург: АТП, 2015. – 384 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C312000>)
2. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов : учебное пособие / Г. Г. Бартоломей [и др.]. – 3-е изд, перераб. и доп.. – Екатеринбург: Юланд, 2016. – 512 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C345219>)
3. Кириллов, Павел Леонидович. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) / П. Л. Кириллов, Ю. С. Юрьев, В. П. Бобков. – Екатеринбург: АТП, 2015. – 294 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C317972>)

Дополнительная литература

1. Парогенераторы АЭС. Основные конструкции и проектирование: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. В. Воробьев, А. М. Антонова. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m451.pdf>
2. Зорин В.М. Атомные электростанции: учебное пособие для вузов / В. М. Зорин. – Москва: Изд-во МЭИ, 2012. – 670 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C234281>)
3. Ядерная энергия, ядерный топливный цикл и прикладные ядерные технологии: учебное пособие / В. И. Бойко, Ю. В. Данейкин, В. Д. Каратаев [и др.]; под ред. В. И. Бойко, М. Е. Силаева. – Москва: Изд-во МНТЦ, 2011. – 282 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C264879>)
4. Баклушин, Рудольф Петрович. Эксплуатационные режимы АЭС : учебное пособие / Р. П. Баклушин. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2012. – 530 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C234282>)
5. Дементьев, Борис Александрович. Ядерные энергетические реакторы: учебник / Б. А. Дементьев. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C36277>)

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный каталог Томского регионального библиотечного консорциума (<http://arbicon.tomsk.ru>);
2. Архив научных журналов «Neicon» (<http://archive.neicon.ru>);

3. Единая государственная информационная система учета НИОКТР (<http://rosrid.ru>);
4. Национальная электронная библиотека (<https://нэб.рф>);
5. База реферативных журналов Всероссийского института научной и технической информации (<http://www2.viniti.ru>);
6. Российский информационно-библиотечный консорциум (<http://www.ribk.net>);
7. Университетская информационная система «УИС Россия» (<http://uisrussia.msu.ru>);
8. Поисковая система Федерального института промышленной собственности по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (<http://www1.fips.ru>);
9. Поисковая система Федерального центра информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru>).

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Autodesk Inventor Professional 2015 Education;
2. Autodesk AutoCAD Mechanical 2015 Education;
3. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic;
4. PTC Mathcad 15 Academic Floating.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование для практических занятий:

| № | Наименование специальных помещений | Наименование оборудования |
|----|---|---|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина, 30а, учебный корпус № 4, аудитория 403 | Стенд имитационный системы отопления и ГВС с навесным котлом - 1 шт.; Котел Vitodent 100-W 26 кВт, одноконтурный с блоком управления и арматурой - 1 шт.; Стенд имитационный системы отопления и ГВС с напольным котлом - 1 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Зонт вытяжной - 2 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина, 30а, учебный корпус № 4, аудитория 406 | Анализатор дымовых газов Testo350 - 1 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Стол письменный - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина, 30а, учебный корпус № 4, аудитория 2246 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Тумба навесная - 1 шт.; Стол письменный - 9 шт.; Комплект учебной мебели на 14 посадочных мест; Доска аудиторная поворотная - 1 шт. Компьютер - 12 шт.; Телевизор - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Принтер - 1 шт. |

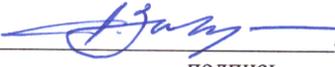
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Агрегаты электростанций и газоперекачивающих систем / Котлоагрегаты и камеры сгорания (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность | Подпись | ФИО |
|----------------|--|---------------|
| Доцент, к.т.н. |  | Ташлыков А.А. |

Программа одобрена на заседании Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова (протокол от 30.05.2019 г. №29).

Заведующий кафедрой – руководитель
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры,
д.т.н., профессор

 / Заворин А.С./
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

| Учебный год | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол) |
|----------------------|---|--|
| 2020/2021 уч. год | Внесены изменения в разделы: Структура и содержание дисциплины; Учебно-методическое обеспечение; Материально-техническое обеспечение дисциплины. | Протокол №44 от 26.06.2020 |
| | | |
| | | |
| | | |