

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

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИЦО

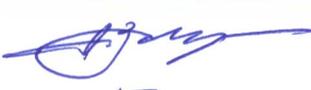
Матвеев А.С.

«26» сентября 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2018 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ**

Реакторы и парогенераторы АЭС		
Направление подготовки/ специальность	13.03.03 Энергетическое машиностроение	
Образовательная программа (направленность (профиль))	Энергетическое машиностроение	
Специализация	Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС	
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат	
Курс	4	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. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПК(У)-1	Способностью к конструкторской деятельности	ПК(У)-1.В1	Владеет опытом выполнения проектных разработок высокотехнологического оборудования, его отдельных узлов и элементов энергомашиностроительной отрасли
		ПК(У)-1.У1	Умеет выполнять технические расчеты энергетических машин, установок и аппаратов с применением нормативных и отраслевых рекомендаций
		ПК(У)-1.31	Знает методы проведения основных технических расчетов энергетических машин, установок и аппаратов с применением нормативных и отраслевых требований
ПК(У)-4	Способностью представлять техническую документацию в соответствии с требованиями единой системой конструкторской документации	ПК(У)-4.В1	Владеет навыками представления передовых решений инженерных задач с применением средств нормативно-технической и графической информации
		ПК(У)-3.1У1	Умеет оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативных документов на проектную документацию
ПК(У)-12	Способностью проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК(У)-12.В3	Владеет навыками оценивания конкурентных преимуществ инженерных решений
		ПК(У)-12.У3	Умеет рассчитывать и анализировать эффективность предлагаемых инженерных решений
		ПК(У)-12.33	Знает методы оценки эффективности инженерных решений с учетом факторов неопределённости и возможных рисков

## 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;	ПК(У)-1
РД 2	Знать классификацию и основные конструкции парогенераторов и реакторов АЭС;	ПК(У)-1
РД 3	Принимать обоснованные технические решения при проектировании конструкций реакторов и парогенераторов АЭС;	ПК(У)-1 ПК(У)-4 ПК(У)-12
РД 4	Теплофизическим расчётом АЭС;	ПК(У)-1 ПК(У)-4 ПК(У)-12
РД 5	Тепловым и компоновочным гидравлическим расчётами парогенератора АЭС;	ПК(У)-1 ПК(У)-4 ПК(У)-12
РД 6	Прочностным расчётом парогенератора АЭС.	ПК(У)-1 ПК(У)-4 ПК(У)-12

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 обечеек 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 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.

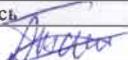
## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование для практических и лекционных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034 Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 406	Комплект оборудования для проведения лекционных занятий: Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Стол письменный - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест. Acrobat Reader DC; AkelPad; Chrome; Far Manager; Firefox ESR; Flash Player; K-Lite Codec Pack Full; Office 2016 Professional Plus Russian Academic; PDF-XChange Viewer; Visual C++ Redistributable Package; WinDjView; 7-Zip
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина 30, а, учебный корпус №4, аудитория 403	Комплект оборудования для проведения практических занятий: – компьютер с выходом в INTERNET; – проектор для демонстрации презентаций;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.03 Энергетическое машиностроение / Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент		Ташлыков А.А.

Программа одобрена на заседании Научно–образовательного центра И.Н. Бутакова (протокол от 19.06.2018 г. № 11).

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

 /Заворин А.С./  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

<b>Учебный год</b>	<b>Содержание /изменение</b>	<b>Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)</b>
2019/2020 уч. год	Внесены изменения в разделы: Структура и содержание дисциплины; Учебно-методическое обеспечение; Материально-техническое обеспечение дисциплины.	Протокол №29 от 30.05.2019
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