

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«25» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ПАРОГЕНЕРАТОРЫ АЭС

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Nuclear Science and Technology		
Специализация	Nuclear Power Engineering (Ядерные реакторы и энергетические установки)		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

Зачёт

Обеспечивающее
подразделение

ОЯТЦ ИЯТШ

Зав. кафедрой-руководитель
ОЯТЦ на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

А.Г. Горюнов

В.В. Верхотурова

К.В. Слюсарский

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
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.2	Составляет академические и (или) профессиональные тексты на иностранном языке	УК(У)-4.2В1	Владеет навыками монологического высказывания на иностранном языке по профилю своей специальности, аргументировано излагая свою позицию и используя вспомогательные средства (таблицы, графики, диаграммы и т.п.)
				УК(У)-4.2У1	Умеет составлять и представлять техническую и научную информацию, используемую в профессиональной деятельности, в виде презентации
		И.УК(У)-4.3	Организует обсуждение результатов исследовательской и проектной деятельности на различных публичных мероприятиях на иностранном языке, выбирая подходящий формат	УК(У)-4.3В1	Владеет полученными знаниями по иностранному языку на достаточном уровне в своей будущей профессиональной деятельности
				УК(У)-4.3У1	Знает основы структурирования доклада и подготовки презентаций на иностранном языке, принятых в международной среде
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	И.ОПК(У)-1.1	Планирует, организует и проводит научно-исследовательские работы с представлением полученных результатов	ОПК(У)-1.1В1	Владеет систематическими знаниями по направлению будущей профессиональной деятельности
				ОПК(У)-1.1У1	Умеет составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов
ПК(У)-2	Способен разрабатывать и обеспечивать реализацию мероприятий по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых приборов и установок и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, повышению надежности эксплуатации оборудования	И.ПК(У)-2.2	Организует выполнение работ в ходе изготовления, монтажа, наладки, проведения испытаний и опробований выпускаемых приборов и установок	ПК(У)-2.2В1	Владеет опытом проведения профилактического апробирования оборудования реакторного отделения атомной электростанции
				ПК(У)-2.2В2	Владеет опытом выполнения инженерных расчетов и аттестационных оценок состояния оборудования атомной электростанции
				ПК(У)-2.2В3	Владеет опытом анализа результатов послеремонтной проверки объектов атомной электростанции
				ПК(У)-2.2У1	Уметь определять степень влияния выявленных дефектов на техническое состояние оборудования атомной электростанции
				ПК(У)-2.2У2	Уметь фиксировать и анализировать данные изменений параметров и результатов проверок, апробирований, испытаний обслуживаемого оборудования атомной электростанции

				ПК(У)-2.231	Знает методы анализа технического состояния оборудования реакторного отделения атомной электростанции
				ПК(У)-2.232	Знает допустимые отклонения параметров оборудования, трубопроводов, технологических схем, входящих в зону обслуживания атомной электростанции
ПК(У)-7	Способен производить оценку рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения	И.ПК(У)-7.3	Составляет и анализирует сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывает методы уменьшения риска их возникновения	ПК(У)-7.3В1	Владеет опытом расчета мощности реакторов по методу теплового баланса
				ПК(У)-7.3У4	Умеет анализировать и контролировать техническое состояние обслуживаемого оборудования
				ПК(У)-7.3У5	Умеет анализировать и контролировать допустимые величины различных параметров и мер предосторожности, гарантирующих безопасную эксплуатацию оборудования и ведение технологических процессов
				ПК(У)-7.3У6	Умеет оценивать риски, связанные с безопасной эксплуатацией технических средств, оборудования, устройств и механизмов реакторного отделения
				ПК(У)-7.334	Знает основные технологические схемы реакторного отделения атомной электростанции
				ПК(У)-7.335	Знать расположение, назначение и зоны действия основного и вспомогательного оборудования, трубопроводов и технологических систем реакторного отделения АЭС
ПК(У)-10	Способен формулировать технические задания, использовать информационные технологии, стандартные средства автоматизации проектирования и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, материалов и приборов, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов	И.ПК(У)-10.1	Осуществляет сбор и анализ исходных данных для проектирования новых технологий применения ядерных материалов и изделий на их основе	ПК(У)-10.1В4	Владеть опытом выявления доминирующих факторов деградации и повреждаемости оборудования
				ПК(У)-10.134	Знает основы физики ядерного реактора, теплотехники и водоподготов
		И.ПК(У)-10.2	Составляет технические задания с использованием информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании и расчете физических установок и методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов	ПК(У)-10.2У1	Умеет анализировать технико-экономические показатели работы работающих блоков атомной электростанции
				ПК(У)-10.231	Знает предъявляемые требования к теплоносителю, и способы поддержания водно-химического режима
				ПК(У)-10.232	Знает технологию производства электрической и тепловой энергии на атомной электростанции
		И.ПК(У)-10.6	Производит расчет и проектирует новые установки, приборы и изделия на основе проведенного анализа с применением стандартных средств автоматизации проектирования	ПК(У)-10.6В3	Владеет опытом разработки технической документации по эксплуатации энергоблоков атомной электростанции в сфере ответственности
				ПК(У)-10.6У3	Умеет разрабатывать техническую документацию на проектирование и проведение ремонтов оборудования атомной электростанции
				ПК(У)-10.633	Знает конструктивные особенности и технические характеристики оборудования и технологических систем атомных электростанций

				ПК(У)- 10.635	Знает применяемые в конструкциях материалы и их эксплуатационные свойства
--	--	--	--	------------------	---

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части вариативного междисциплинарного профессионального модуля 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	Составляет академические и (или) профессиональные тексты на иностранном языке	И.УК(У)-4.2
РД 2	Организует обсуждение результатов исследовательской и проектной деятельности на различных публичных мероприятиях на иностранном языке, выбирая подходящий формат	И.УК(У)-4.3
РД 3	Планирует, организует и проводит научно-исследовательские работы с представлением полученных результатов	И.ОПК(У)-1.1
РД 4	Организует выполнение работ в ходе изготовления, монтажа, наладки, проведения испытаний и опробований выпускаемых приборов и установок	И.ПК(У)-2.2
РД 5	Составляет и анализирует сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывает методы уменьшения риска их возникновения	И.ПК(У)-7.3
РД 6	Осуществляет сбор и анализ исходных данных для проектирования новых технологий применения ядерных материалов и изделий на их основе	И.ПК(У)-10.1
РД 7	Составляет технические задания с использованием информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании и расчете физических установок и методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов	И.ПК(У)-10.2
РД 8	Производит расчет и проектирует новые установки, приборы и изделия на основе проведенного анализа с применением стандартных средств автоматизации проектирования	И.ПК(У)-10.6

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. Введение	РД1, РД2	Лекции	2
		Самостоятельная работа	1
Раздел 2. Место парогенератора в тепловой схеме АЭС	РД4, РД6, РД7	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	11
Раздел 3. Теплоносители и рабочие тела ПГ атомных электростанций	РД3, РД7	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	6
Раздел 4. Конструктивные и теплотехнические схемы парогенераторов	РД1, РД2, РД4, РД6	Лекции	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	6
Раздел 5. Гидродинамические процессы в парогенераторах АЭС	РД5, РД8	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	14
Раздел 6. Температурный режим теплопередающих поверхностей парогенераторов АЭС	РД3, РД5, РД8	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	6
Раздел 7. Сепарация пара	РД5, РД8	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	8
Раздел 8. Водный режим парогенераторов АЭС	РД5, РД8	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	8

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение

Предмет и задачи курса. Проблемы развития мировой атомной энергетики. Существующее состояние и перспективы развития атомных электростанций в России.

Темы лекционных занятий:

1. Введение. Структура курса. Рекомендуемая литература. Проблемы развития мировой атомной энергетики.

Раздел 2. Место парогенератора в тепловой схеме АЭС

Схемы производства пара на АЭС. Общие понятия о парогенераторной установке. Требования к ПГ. Общие характеристики ПГ. Классификация парогенераторов.

Темы лекционных занятий:

2. Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Классификация парогенераторов АЭС.

Темы практических занятий:

1. Тепловой баланс и tQ - диаграмма прямоточного парогенератора АЭС.
2. Тепловой баланс и tQ – диаграмма парогенератора АЭС с естественной циркуляцией.

Названия лабораторных работ:

1. Влияние параметров теплоносителя на характеристики прямоточного парогенератора и станции в целом. Тепловой баланс TQ – диаграмма парогенератора АЭС.
2. Влияние параметров теплоносителя на характеристики парогенератора с естественной циркуляцией и станции в целом. Тепловой баланс TQ – диаграмма парогенератора АЭС.

Раздел 3. Теплоносители и рабочие тела ПГ атомных электростанций

Сравнительные характеристики, достоинства и недостатки основных видов теплоносителей и рабочих тел (воды, жидких металлов, газов). Перспективные виды теплоносителей (свинец).

Темы лекционных занятий:

3. Теплоносители и рабочие тела парогенераторов АЭС.

Темы практических занятий:

3. Определение параметров теплоносителя и рабочего тела в характерных элементах парогенератора.

Раздел 4. Конструктивные и теплотехнические схемы парогенераторов

Парогенераторы, обогреваемые водой под давлением: параметры ПГ, основные принципы выбора конструктивной схемы. Парогенераторы, обогреваемые жидкометаллическими теплоносителями (ЖМТ): параметры ПГ, особенности конструктивных схем. Парогенераторы, обогреваемые газовыми теплоносителями: параметры, конструктивные схемы. Сравнительные достоинства и недостатки ПГ, обогреваемых различными теплоносителями.

Темы лекционных занятий:

4. Теплотехнические схемы и конструктивные схемы парогенераторов АЭС.
- Контрольная работа.

Названия лабораторных работ:

3. Изучение конструкций ПГ энергоблока ВВЭР-1000.
4. Изучение конструкций прямоточных ПГ энергоблоков БН-600, БН-800.

Раздел 5. Гидродинамические процессы в парогенераторах АЭС

Основные закономерности гидродинамики и методы расчёта гидравлического сопротивления при движении однофазного потока. Гидродинамика двухфазных потоков: режимы течения, расходные и истинные характеристики двухфазной среды. Методы расчёта гидравлического сопротивления при движении двухфазной среды.

Темы лекционных занятий:

5. Гидродинамические процессы в парогенераторах АЭС. Методы расчёта гидравлического сопротивления при движении двухфазной среды.

Темы практических занятий:

4. Расчет потерь давления в однофазном потоке.
5. Расчет потерь давления на трение в двухфазном потоке.

Названия лабораторных работ:

5. Исследование гидравлического сопротивления поверхностного теплообменника.
6. Исследование статической устойчивости парогенерирующего канала.

Раздел 6. Температурный режим теплопередающих поверхностей парогенераторов АЭС

Теплообмен при движении однофазных неметаллических (вода, газ) теплоносителей: при течении жидкости в трубах, при обтекании пучков труб. Особенности теплообмена в поверхностях нагрева парогенераторов с жидкометаллическими теплоносителями (натрий, калий, свинец). Теплообмен при движении кипящей воды. Кризис теплообмена при кипении. Типы кризисов (1-го и 2-го рода) и методы оценки условий их возникновения.

Темы лекционных занятий:

6. Теплообмен при движении одно- и двухфазных теплоносителей.

Темы практических занятий:

6. Расчет теплообмена при кипении. Механические расчеты элементов ПГ.

Раздел 7. Сепарация пара

Требования, предъявляемые к качеству пара в ядерных энергетических установках. Причины загрязнения пара: переход примесей из воды в пар, механический унос примесей и унос за счёт растворимости веществ в паре. Методы получения чистого пара. Факторы, влияющие на влажность пара. Сепарация пара: в свободном объёме, во внутрикорпусных сепарационных устройствах. Особенности конструкции.

Темы лекционных занятий:

7. Требования, предъявляемые к качеству пара в ядерных энергетических установках. Методы получения чистого пара. Факторы, влияющие на влажность пара. Сепарация пара: в свободном объёме, во внутрибарбанных сепарационных устройствах.

Темы практических занятий:

7. Расчет сепарации в ПГ насыщенного пара.

Названия лабораторных работ:

7. Исследование влияния параметров парового пространства на эффективность процесса сепарации.

Раздел 8. Водный режим парогенераторов АЭС

Коррозия и водный режим парогенераторов АЭС. Требования, предъявляемые к парогенераторной и питательной воде. Состав парогенераторной воды: отложения примесей воды, летучие и нелетучие соединения. Водный режим парогенераторов с естественной и многократной принудительной циркуляцией. Особенности водного режима прямоточных ПГ.

Темы лекционных занятий:

8. Коррозия и требования, предъявляемые к парогенераторной и питательной воде. Водный режим парогенераторов с различной и многократной принудительной

циркуляцией. Особенности водного режима прямоточных ПГ. Контрольная работа.

Темы практических занятий:

8. Расчет продувки в ПГ насыщенного пара.

Названия лабораторных работ:

8. Организация циркуляции теплоносителя в парогенераторах АЭС.

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 дисциплины;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение:

1. Annaratone D. Steam Generators. Description and Design / D. Annaratone – Berlin : Springer-Verlag, 2008. – 434 p. – Текст : электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-77715-1> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература:

1. Souza G. Thermal Power Plant Performance Analysis / G. Souza. – London : Springer-Verlag Ltd., 2012. – 287 p. – Текст: электронный // SpringerLink. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4471-2309-5> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>.
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.
3. The official website of the engineering division of Rosatom State Corporation: <https://www.ase-ec.ru/en/products-and-services/design-of-npp/>
4. Концерн Росэнергоатом, ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) <http://www.rosenergoatom.ru/>
5. Институт атомной энергии <http://www.iae.kz/index.php/ru/the-community>
6. Nuclear.Ru (информационно-аналитический портал для специалистов атомной отрасли) <http://www.nuclear.ru/>

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

1. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player;
4. AkelPad;
5. Google Chrome;
6. Mozilla Firefox ESR;
7. Tracker Software PDF-XChange Viewer;
8. WinDjView;
9. Document Foundation LibreOffice;
10. Lazarus.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 31	Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Шкаф для документов - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Стол письменный - 1 шт.; Компьютер - 16 шт.; Телевизор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 32	Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.; Проектор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 301	Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех	Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Тумба стационарная - 2

типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 101Б	шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Телевизор - 1 шт. Фотоэлектрическая солнечная батарея СФБ 10-12 - 3 шт.; Модуль гидромеханический МПСР-1 - 1 шт.; Солнечный коллектор Logasol SKN 3.0-s верт. V3 - 1 шт.; Лабораторный комплекс "Лаборатория по исследованию газодинамических и теплофизических процессов в оборудовании ТЭС и АЭС" - 1 шт.; Самовсасывающий насос JР6 - 2 шт.; Тепловой насос Logatherm WPS 6 - 1 шт.; Насосная станция - 1 шт.; ПАК "Теплонасосный и т/обменный стенд" - 1 шт.; Учеб.лаб.стенд"Сис-ма и источники энергоснабжения" - 1 шт.
--	---

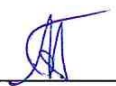
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии, специализация «Nuclear Power Engineering» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Слюсарский К.В.

Программа одобрена на заседании Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «25» июня 2020 г. № 28-д).

Зав. кафедрой-руководитель ОЯТЦ
на правах кафедры, д.т.н, профессор


подпись /Горюнов А.Г./