

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 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ АЭС

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Nuclear Science and Technology / Ядерные физика и технологии		
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	32	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	-	
	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

А.В. Воробьев

С.В. Лавриненко

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)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	И.УК(У)-1.1	Анализирует проблемную ситуацию и (или) задачу, выделяя её базовые составляющие	УК(У)-1.1В1	Владеет методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций
				УК(У)-1.1В2	Владеет методиками постановки цели, определения способов её достижения, разработки стратегий действий
				УК(У)-1.1У1	Умеет применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций
				УК(У)-1.1У2	Умеет разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации
				УК(У)-1.1З1	Знает методы системного и критического анализа
				УК(У)-1.1З2	Знает методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации
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 (английском)	УК(У)-4.2В1	Владеет навыками монологического высказывания на иностранном языке (английском) 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 (английском), выбирая подходящий формат	УК(У)-4.3В1	Владеет полученными знаниями по иностранному языку (английскому) на достаточном уровне в своей будущей профессиональной деятельности
				УК(У)-4.3У1	Умеет воспринимать на слух аутентичные аудио- и видео материалы, связанные с направлением подготовки
				УК(У)-4.3З1	Знает основы структурирования доклада и подготовки презентаций на

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					иностранном языке (английском), принятых в международной среде
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК(У)-2.1	Выполняет, производит оценку и представляет результаты выполненной работы, руководствуясь современными методами исследования	ОПК(У)-2.1В1	Владеет навыками применения современных методов исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
				ОПК(У)-2.1У1	Умеет применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
				ОПК(У)-2.131	Знает современные методы проведения исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы
ПК(У)-9	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники, методов расчета и проведения исследования	И.ПК(У)-9.2	Использует современные численные методы и профессиональные расчетные пакеты прикладных программ при проектировании перспективных ядерных установок, технологий и оборудования	ПК(У)-9.2В3	Владеет навыками использования специализированного программного обеспечения для определения параметров рабочего тела при расчете турбинных установок АЭС
				ПК(У)-9.2У4	Умеет использовать специализированное программное обеспечение для определения параметров рабочего тела при расчете турбинных установок АЭС
				ПК(У)-9.233	Знает основы использования специализированного программного обеспечения для определения параметров рабочего тела при расчете турбинных установок 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-	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.В5	Владеет навыками сбора и анализа исходных данных для расчета узлов турбинных установок АЭС
				ПК(У)-10.У4	Умеет собирать и анализировать исходные данные для расчета узлов турбинных установок АЭС
				ПК(У)-10.35	Знает методы сбора и анализа исходных данных для расчета узлов турбинных установок АЭС
		И.ПК(У)-10.5	Проводит критический анализ работы существующих ядерных установок и использует его при проектировании деталей и узлов приборов и установок	ПК(У)-10.5В1	Владеет опытом проведения критического анализа работы существующих турбинных установок АЭС и использования его при проектировании узлов турбинных

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	экономической эффективности при проектировании и реализации проектов				установок АЭС
				ПК(У)-10.5У2	Умеет проводить критический анализ работы существующих турбинных установок АЭС и использовать его при проектировании узлов турбинных установок АЭС
				ПК(У)-10.5З2	Знает методику проведения критического анализа работы существующих турбинных установок АЭС и использования его при проектировании узлов турбинных установок АЭС
		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)-10.6В4	Владеет опытом проведения расчетов и проектирования узлов турбинных установок АЭС
				ПК(У)-10.6У4	Умеет производить расчет и проектирование узлов турбинных установок АЭС
				ПК(У)-10.6З4	Знает методику проведения расчетов и проектирования узлов турбинных установок АЭС

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части вариативного междисциплинарного 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	Анализировать и использовать научно-техническую информацию о характеристиках и параметрах работы турбинной установки АЭС	И.УК(У)-1.1 И.УК(У)-4.2 И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-10.1 И.ПК(У)-10.5
РД 2	Составлять теплотехнические схемы и математические модели турбинной установки АЭС, выполнять их инженерные расчеты с применением современных средств	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-9.2
РД 3	Знать принцип работы турбины и зависимости энергетических характеристик и геометрических размеров турбины	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. Паротурбинные установки АЭС	РД 1 РД 2 РД 3	Лекции	8
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел 2. Течение рабочего тела в турбинных решетках	РД 1 РД 2 РД 3	Лекции	8
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	18
Раздел 3. Преобразование энергии в турбинной ступени	РД 1 РД 2 РД 3	Лекции	8
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел 4. Многоступенчатые турбины	РД 1 РД 2 РД 3	Лекции	8
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	18

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Паротурбинные установки АЭС

В результате освоения раздела студент получит следующие знания: Термодинамические циклы паротурбинных установок (ПТУ). Абсолютные КПД турбоустановки и относительные КПД турбины. Методы повышения КПД цикла. Влияние начальных параметров на КПД идеального цикла и турбоустановки. Влияние конечного давления на КПД ПТУ. Промежуточный перегрев пара. Особенности термодинамических циклов паротурбинных установок АЭС. Сепарация и промежуточный перегрев пара на АЭС. Процесс расширения пара в турбинах АЭС. Регенеративный подогрев питательной воды. Расчет КПД турбоустановок. Комбинированная выработка электрической энергии и теплоты. Тепловые схемы турбинных установок АЭС.

Темы лекционных занятий:

1. Термодинамические циклы паротурбинных установок.
2. Методы повышения КПД цикла.
3. Сепарация и промежуточный перегрев пара на АЭС.
4. Тепловые схемы турбинных установок АЭС.

Темы практических занятий:

1. Расчет КПД цикла Ренкина.
2. Определение показателей тепловой экономичности турбинных установок АЭС с сепарацией и промежуточным перегревом пара.

Раздел 2. Течение рабочего тела в турбинных решетках

В результате освоения раздела студент получит следующие знания: Основные уравнения движения сжимаемой жидкости: состояния, неразрывности, количества движения, сохранения энергии. Понятие плоскопараллельного и пространственного течения. Характеристики потока при расширении газа в каналах. Параметры полного

торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока. Определение выходной скорости при расширении газа в неподвижном канале. Критические параметры и критическая скорость. Критический расход. Изменение проходного сечения канала в зависимости от относительного давления. Расширение газа в каналах с потерями располагаемой энергии. Характеристики реальных потоков в решетках турбинных профилей.

Темы лекционных занятий:

5. Основные уравнения движения сжимаемой жидкости.
6. Параметры полного торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока.
7. Определение выходной скорости при расширении газа в неподвижном канале.
8. Критические параметры. Изменение проходного сечения канала в зависимости от относительного давления.

Темы практических занятий:

3. Расчет скорости истечения из сопел.
4. Определение характеристик потока при расширении газа в каналах турбинных ступеней.

Раздел 3. Преобразование энергии в турбинной ступени

В результате освоения раздела студент получит следующие знания: Располагаемые теплоперепады ступени, сопловой и рабочей решеток. Степень реактивности ступени. Активные и реактивные ступени. Абсолютные и относительные скорости потока в ступени и их определение. Треугольники скоростей. Преобразование энергии на рабочих лопатках. Окружное и осевое усилие потока на лопатках. Мощность ступени. Удельная работа. Потери располагаемой энергии в соплах, на рабочих лопатках и с выходной скоростью. Определение выходной относительной скорости потока из вращающегося канала рабочих решеток. Относительный КПД на лопатках ступени и факторы, его определяющие. Отношение скоростей как критерий экономичности ступени. Оптимальное отношение скоростей. Оптимальный располагаемый теплоперепад ступени. Изображение процесса расширения газа в h_s -диаграмме для ступени. Относительный внутренний КПД турбинной ступени.

Темы лекционных занятий:

9. Располагаемые теплоперепады ступени, сопловой и рабочей решеток.
10. Преобразование энергии на рабочих лопатках.
11. Относительный КПД на лопатках ступени и факторы, его определяющие.
12. Изображение процесса расширения газа в h_s -диаграмме для ступени.

Темы практических занятий:

5. Определение геометрических и энергетических характеристик турбинной ступени.

Раздел 4. Многоступенчатые турбины

В результате освоения раздела студент получит следующие знания: Схема устройства активной и реактивной турбины. Тепловой процесс в многоступенчатой паровой турбине. Основные преимущества многоступенчатых турбин. Использование потери с выходной скоростью в ступенях. Коэффициент возврата тепла. Концевые уплотнения турбин. Схема отвода и подвода пара в уплотнении. Типы концевых уплотнений. Предельная мощность однопоточной турбины и способы получения мощности турбины выше предельной. Осевые усилия, действующие на ротор турбины. Эрозия рабочих лопаток и способы борьбы с ней.

Темы лекционных занятий:

13. Основные преимущества многоступенчатых турбин.
14. Концевые уплотнения турбин.
15. Осевые усилия, действующие на ротор турбины.
16. Эрозия рабочих лопаток и способы борьбы с ней.

Темы практических занятий:

6. Определение расхода пара на турбину.
7. Изучение подробной конструкции многоступенчатой турбины.

5. Организация самостоятельной работы студентов

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

- Работа с лекционным материалом;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**6.1. Учебно-методическое обеспечение****Основная литература:**

1. Breeze, P. Combined Heat and Power [Электронный ресурс] / P. Breeze. — Электрон. дан. — Elsevier Ltd.: Academic press, 2018. — 95 р. — Режим доступа: <https://ezproxy.ha.tpu.ru:2056/book/9780128129081/combined-heat-and-power>. — Загл. с экрана (дата обращения: 20.09.2021). - Режим доступа : для авториз. пользователей.
2. Костюк, А. Г. Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник для вузов / Костюк А. Г. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01157-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011577.html> (дата обращения: 20.09.2021). - Режим доступа : для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Крайнов А В. Тепловые процессы в энергосистемах = Heat Processes in Energy Systems : учебное пособие / А. В. Крайнов, Г. В. Швалова. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – URL : <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m167.pdf> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. – Текст : электронный.

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. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) <http://www.rosatom.ru/>
4. Концерн Росэнергоатом, ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) <http://www.rosenergoatom.ru/>
5. The official website of the engineering division of Rosatom State Corporation: <https://www.ase-ec.ru/en/products-and-services/design-of-npp/>

6. Институт атомной энергии <http://www.iae.kz/index.php/ru/the-community>
7. Nuclear.Ru (информационно-аналитический портал для специалистов атомной отрасли) <http://www.nuclear.ru/>
8. Siemens <https://new.siemens.com/global/en/products/energy.html>

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

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

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 (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 32	Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 38	Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.; Крепление для проектора Perless PRG-UNV - 1 шт.;

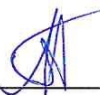
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Nuclear Science and Technology», специализация «Nuclear Power Engineering» по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчики:

Должность	ФИО
Доцент НОЦ им. И.Н. Бутакова	Воробьев А.В.
Доцент НОЦ им. И.Н. Бутакова	Лавриненко С.В.

Программа одобрена на заседании Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «28» июня 2019 г. № 16).

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


_____ /Горюнов А.Г./
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЯТЦ (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Изменено содержание разделов рабочей программы дисциплины: - обновлено учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины, в том числе ссылки на ЭБС; - обновлён состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.	От 25.06.2020 г. № 28-д
	2. Скорректированы разделы «Цели освоения дисциплины», «Планируемые результаты обучения по дисциплине».	