

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ

Матвеев А.С.
«10» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИЕМ 2018 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Турбомашины АЭС

Направление подготовки/ специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Специализация	Проектирование и эксплуатация атомных станций		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	3	семестр	6,7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	9		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	48	
	Практические занятия	64	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	128	
Самостоятельная работа, ч		214	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект)		курсовой проект	
ИТОГО, ч		342	

Вид промежуточной аттестации

экзамен диф.зачет зачет	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н.Бутакова
--	---------------------------------	-----------------------------

Заведующий кафедрой –
руководитель
НОЦ И.Н. Бутакова
на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	Заворин А.С.
	Воробьев А.В.
	Шевелев С.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)-6	владением основами расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин, подходами к обоснованному выбору способа обработки и соединения элементов энергетического оборудования ();	ПК(У)- 6.B1	Владеет опытом использования методов расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
		ПК(У)- 6.Y1	Умеет проводить расчеты на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
		ПК(У)- 6.31	Знает методы расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
ПК(У)-27	способностью организовывать экспертизу технической документации, готовностью к исследованию причин неисправностей оборудования, принятию мер по их устранению	ПК(У)- 27.B1	Владеет опытом анализа технической документации, характеристик основного и вспомогательного оборудования АС, причин нарушений в его работе и способов их устранения
		ПК(У)- 27.Y1	Умеет определять и анализировать характеристики основного и вспомогательного оборудования, нарушения в его работе и способы их устранения
		ПК(У)- 27.31	Знает характеристики основного и вспомогательного оборудования АС, возможные неисправности оборудования, их причины и способы устранения
ПСК(У)-1.5	готовностью к разработке проектов элементов и систем АС и ЯЭУ с целью их модернизации и улучшения технико-экономических показателей с использованием современных средств проектирования и новых информационных технологий	ПСК(У)-1.5.B1	Владеет опытом использования знаний по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании
		ПСК(У)-1.5.Y1	Умеет применять знания по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании
		ПСК(У)-1.5.31	Знает теоретические основы функционирования, технологические схемы, конструкции и характеристики оборудования основных типов АС

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

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

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Знать термодинамические процессы, происходящие в оборудовании атомных электростанций, и уметь рассчитывать параметры этих процессов.	ПК(У)-1.5
РД2	Использовать методы термодинамического анализа циклов для анализа и расчета эффективности термодинамических циклов.	ПК(У)-27
РД3	Владеть навыками проектирования тепловых схем атомных электростанций с учетом особенностей ядерной паропроизводящей установки.	ПК(У)-6

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1 Введение. Тепловые циклы турбинных установок	РД1	Лекции	6
		Практические занятия	12
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	26
Раздел 2. Ступени турбины	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	12
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	26
Раздел 3. Расчет ступеней турбины	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	14
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	26
Раздел 4. Многоступенчатые турбины	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	14
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	26
Раздел 5. Переменный режим турбины	РД1	Лекции	6
		Практические занятия	12
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	26
Раздел 6. Регулирование, защита и маслоснабжение турбин	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	28
Раздел 7. Конденсационные установки	РД2	Лекции	6
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	28
Раздел 8. О некоторых особенностях эксплуатации турбин.	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	28

Введение 1. Тепловые циклы турбинных установок

Значение паровых и газовых турбин в атомной энергетике и других отраслях народного хозяйства. Роль турбин и турбинной установке в энергоблоке АЭС. Современное состояние турбостроения для АЭС в РФ и за рубежом. Типы турбин АЭС. Перспективы развития турбин для атомной энергетике. Роль атомной энергетике для Сибири. Элементы паротурбинной установки и их назначение. Тепловые циклы турбинных установок.

Темы лекций:

1. Введение
2. Тепловые циклы турбинных установок
3. Роль турбин и турбинной установке в энергоблоке АЭС

Темы практических занятий:

1. Характеристика потока при расширении газа в соплах.
2. Элементы паротурбинной установки и их назначение.
3. Типы турбин АЭС
4. Тепловые циклы турбинных установок.
5. Влияние параметров пара на КПД идеального цикла

6. Промежуточный перегрев пара

Названия лабораторных работ:

1. Изучение конструкций турбин

Раздел 2. Ступени турбины

Понятие о ступенях турбин. Решетки ступеней турбин. Процессы в сопловых решетках паровых турбин. Активный и реактивный принципы работы ступени. Течение влажного пара в решетках. Эрозия, обеспечение надежности, активные и пассивные методы борьбы с ней.

Темы лекций:

4. Преобразование энергии в турбинной ступени
5. Процессы в сопловых решетках паровых турбин
6. Течение влажного пара в решетках

Темы практических занятий:

7. Геометрические характеристики турбинных решеток.
8. Основные характеристики и параметры потоков в каналах
9. Эрозия, обеспечение надежности, активные и пассивные методы борьбы с ней.
10. Относительный лопаточный КПД ступени.
11. Двухвенечная ступень.
12. Радиальные и радиально-осевые ступени

Названия лабораторных работ:

2. Определение частоты собственных колебаний лопатки

Раздел 3. Расчет степеней турбины

Темы лекций:

7. Расчет ступеней турбины
8. Определение размеров сопловых и рабочих лопаток для одновенечных и двухвенечных ступеней.
9. Внутренний относительный КПД ступени. Дополнительные потери

Темы практических занятий:

13. Определение геометрических размеров и экономичности турбинной ступени.
14. Конструкции сопловых и рабочих лопаток
15. Пример расчета одновенечной ступени.
16. Пример расчета двухвенечной ступени.
17. Ступени с длинными лопатками
18. Турбинные решетки при переменном режиме работы.
19. Расширение в косом срезе решетки.

Названия лабораторных работ:

3. Исследование работы турбинной ступени
4. Определение КПД турбинной ступени

Раздел 4. Многоступенчатые турбины

Конструкция многоступенчатой турбины. Изменение параметров вдоль проточной части, процесс в $h-s$ диаграмме. Преимущества многоступенчатых турбин. Предельные размеры последних ступеней, предельная мощность. Выбор конструкции турбины. Особенности конструкций турбин АЭС. Определение расхода пара на турбину. Разбивка теплоперепадов по цилиндрам. Кратко о тепловом процессе в турбинах со ступенями

скорости. Вопросы сейсмостойкости.

Темы лекций:

10. Многоступенчатые турбины
11. Тепловой процесс в многоступенчатой паровой турбине
12. Конструкции уплотнений

Темы практических занятий:

20. Коэффициент возврата теплоты в многоступенчатой турбине
21. Коэффициент возврата теплоты
22. Сепарация влаги в турбине.
23. Осевые усилия, действующие на ротор турбины.
24. Эрозия деталей паровых турбин
25. Предельная мощность однопоточной конденсационной турбины .
26. Оценка диаметров, числа ступеней и распределение теплоперепадов по ступеням турбины

Названия лабораторных работ:

5. Изучение некоторых систем турбоустановки на тренажере
6. Особенности влажно-паровых турбин АЭС

Раздел 5. <i>Переменный режим турбины</i>
--

Работа одиночной ступени при переменном режиме. Влияние отношения скоростей на к.п.д. и степень реактивности ступени. Сущность метода расчета ступени на переменный режим работы по заданным конечным параметрам. Влияние отклонений параметров свежего пара, давления отработавшего пара на экономичность турбины, универсальная кривая турбины.

Темы лекций:

13. Характеристика переменного режима ступени
14. Влияние отклонений параметров
15. Универсальная кривая турбины.

Темы практических занятий:

27. Предельная мощность турбины и определение числа ступеней в цилиндре.
28. Влияние отношения скоростей на к.п.д. и степень реактивности ступени
29. Сущность метода расчета ступени на переменный режим работы по заданным конечным параметрам
30. Влияние конечного давления пара на мощность турбины
31. Выбор системы парораспределения.
32. Регулирование мощности турбины способом скользящего давления

Названия лабораторных работ:

7. Построение энергетической характеристики турбины
8. Переменный режим группы ступеней

Раздел 6. <i>Регулирование, защита и маслоснабжение турбин</i>

Задачи регулирования паровой турбины. Защита турбин; ее роль в обеспечении надежной работы турбины и в бесперебойном снабжении электроэнергией потребителей. Кратко о влиянии паровых объемов и влаги в проточной части турбины на переходные процессы (разгон ротора) при сбросе нагрузки.

Темы лекций:

16. Принципиальные схемы регулирования частоты вращения конденсационных паровых турбин.
17. Система защиты турбины
18. Единая система маслоснабжения

Раздел 7. Конденсационные установки паровых турбин

Типы конденсаторов турбоустановок. Особенности конструкций конденсаторов турбинных установок АЭС. Схема конденсационной установки. Особенности теплообмена в конденсаторе. Влияние подсосов воздуха. Некоторые сведения о струйных аппаратах. Характеристика конденсатора.

Темы лекций:

19. Принципиальная схема конденсационной установки. Устройство конденсатора.
20. Тепловой расчет конденсатора.
21. Особенности теплообмена в конденсаторе

Раздел 8. О некоторых особенностях эксплуатации турбин

Особенности эксплуатации турбин АЭС. Диагностика паровых турбин.

Темы лекций:

22. Основные принципы рациональной эксплуатации турбинных установок.
23. Диагностика паровых турбин
24. Особенности пуска турбин АЭС

Темы курсовых проектов:

1. Проект ЦНД турбины насыщенного пара К-700-6,9/50 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
2. Проект ЦНД турбины насыщенного пара К-220-5,0/50 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
3. Проект ЦВД турбины К-850-7,0/25 с сепаратором и одноступенчатым пароперегревателем
4. Проект ЦВД турбины К-450-7,5/50 с сепаратором и одноступенчатым пароперегревателем
5. Проект ЦВД турбины насыщенного пара К-455-5,8/50 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
6. Проект ЦВД турбины насыщенного пара
7. К-515-8,0/50 с сепаратором и одноступенчатым пароперегревателем
8. Проект ЦВД турбины насыщенного пара К-750-7,0/50 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
9. Проект ЦВД турбины К-950-5,9/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
10. Проект ЦСД турбины К-970-6,2/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
11. Проект ЦНД турбины насыщенного пара
12. К-1000-6,5/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
13. Проект ЦВД турбины К-950-5,9/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
14. Проект ЦНД турбины насыщенного пара
15. К-1000-6,5/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем
16. Проект ЦВД турбины К-900-6,0/25 с сепаратором и двухступенчатым

пароперегревателем

17. Проект ЦВД турбины К-450-7,5/50 с сепаратором и одноступенчатым пароперегревателем

18. Проект ЦВД турбины К-770-6,0/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем

19. Проект ЦВД турбины К-1050-6,5/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем

20. Проект ЦНД турбины насыщенного пара

21. К-900-6,5/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем

22. Проект ЦВД турбины насыщенного пара К-240-6,5/50 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем

23. Проект ЦСД турбины К-1000-6,2/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем

24. Проект ЦВД турбины К-950-6,5/25 с сепаратором и двухступенчатым пароперегревателем

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины 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;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ.
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Костюк А.Г., Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка - М. : Издательский дом МЭИ, 2008. - ISBN 978-5-383-01025-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010259.html> (дата обращения: 04.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Трухний А.Д., Тихоходные паровые турбины атомных электрических станций : учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний, А.Е. Булкин. - М. : Издательский дом МЭИ, 2011. - 364 с. - ISBN 978-5-383-00524-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005248.html> (дата обращения: 04.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

Дополнительная литература:

1. Трухний, А. Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки : учебное пособие для вузов / А. Д. Трухний, Б. В. Ломакин. - 2-е изд. , стереот. - Москва : МЭИ, 2006. - ISBN 978-5-383-01416-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014165.html> (дата обращения: 17.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. сайт WebPowerpedia (бесплатной энциклопедии энергетики) – www.thermal.ru
2. расчетный сервер МЭИ (ТУ) – www.vpu.ru/mas
3. официальный сайт Московского энергетического института – www.mpei.ru

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

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

1. Определение числа ступеней ЦВД и ЦСД.
2. Определение числа ступеней ЦНД.
3. Исследование характеристик турбинной ступени.
4. Построение энергетических характеристик конденсационных турбоустановок АЭС.
5. Расчет ступени на переменный режим.
6. Программа – тренажер по турбине К-200-130.
7. Компас 3D V12;
8. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
9. Document Foundation LibreOffice;
10. Cisco Webex Meetings\$
11. Zoom Zoom.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных 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,301	– Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; – Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; – Компьютер - 1 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,, 308	– Комплект учебной мебели на 38 посадочных мест; – Шкаф для одежды - 1 шт. – Шкаф для документов - 5 шт.; – Тумба стационарная - 1 шт.; – Стол письменный - 2 шт.; – Компьютер - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг специализация «Проектирование и эксплуатация атомных станций» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Ст. преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова		С.А. Шевелев

Программа одобрена на заседании отделения НОЦ И.Н. Бутакова (протокол № 11 от 19.06. 2018г.).

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

 /А.С. Заворин/
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2019/2020 уч. год	Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	№ 29 от 30.05.2019 г.
2020/2021 учебный год	Изменена форма документов основных образовательных программ, в том числе УМК дисциплин	Приказ по ТПУ №127-7/об от 06.05.2020 г.
	Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	№ 44 от 26.06.2020 г.