

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

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИИШЭ

Матвеев А.С.

«26» 06 2020 г.

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

Паровые и газовые турбины

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	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	8	
	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.
		Ромашова О.Ю.

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 обучения	
		Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способностью демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках	ОПК(У)-3.В5	Владеет опытом анализа явлений и процессов в теплоэнергетических и теплотехнических системах, аппаратах и агрегатах
		ОПК(У)-3.У5	Умеет выявлять сущность термодинамических, теплообменных, гидрогазодинамических явлений и процессов и применять для их расчета соответствующие законы
		ОПК(У)-3.35	Знает основные физические явления и законы технической термодинамики, теплообмена, гидрогазодинамики и их математическое описание
		ОПК(У)-3.В6	Владеет опытом использования знаний теплофизических свойств рабочих тел и теплоносителей при расчетах теплоэнергетических и теплотехнических установок и их оборудования
		ОПК(У)-3.У6	Умеет использовать знания теплофизических свойств рабочих тел и теплоносителей при расчетах теплоэнергетических и теплотехнических установок и их оборудования
		ОПК(У)-3.36	Знает теплофизические свойства рабочих тел и теплоносителей
		ОПК(У)-3.В7	Владеет опытом исследования и расчетов процессов и циклов преобразования энергии и передачи теплоты
		ОПК(У)-3.У7	Умеет проводить исследования и расчет процессов и циклов преобразования энергии и передачи теплоты
		ОПК(У)-3.37	Знает методы исследования и методики расчета процессов и циклов преобразования энергии и передачи теплоты

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части, модуль направления подготовки 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		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Знать устройство турбомашин и термодинамические процессы, происходящие в них и их ступенях, уметь рассчитывать параметры и скорости рабочего тела.	ОПК(У)-3
РД2	Использовать методики определения оптимальных характеристик турбинных ступеней и установок при выборе проектных решений	ОПК(У)-3
РД3	Определять качественные и количественные показатели работы турбомашин.	ОПК(У)-3
РД4	Анализировать изменение параметров и показателей работы турбомашин в процессе испытаний и эксплуатации для выбора надежных и оптимальных режимов.	ОПК(У)-3

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 (модуль) 1. Циклы и параметры турбоустановок	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-

		Самостоятельная работа	5
Раздел (модуль) 2. Тепловой процесс в турбинной ступени	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 3. Многоступенчатые паровые турбины	РД2; РД3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 4. Переменный режим турбины	РД4	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 5. Регулирование, защита, маслоснабжение турбины	РД4	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	5
Раздел (модуль) 6. Газотурбинные и парогазовые установки	РД1 РД3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 7. Особенности конструкции турбомашин	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10

Содержание дисциплины (модуля)

Раздел 1. Циклы и параметры турбоустановок

Типы турбомашин, их классификация. Простейшие схемы и циклы паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок. Типы паровых и газовых турбин и их классификация. Элементы паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок и их назначение. Коэффициенты полезного действия турбины и турбинной установки.

Темы практических занятий:

1. Показатели работы ПТУ, ГТУ, ПГУ.

Раздел 2. Тепловой процесс в турбинной ступени

Основные уравнения потока сжимаемой и несжимаемой жидкости: состояния, неразрывности, количества движения, сохранения энергии. Устройство и принцип действия простейшей одноступенчатой турбины активного типа. Тепловой процесс в турбинной ступени. Решетки ступеней турбин. Процессы в сопловых решетках паровых турбин: скорости истечения, типы сопл, потери энергии, скоростные коэффициенты, коэффициенты расхода. Расширение потока в косом срезе решеток. Классификация решеток, обозначение их. Геометрические, газодинамические, режимные параметры решеток. Классификация потерь в решетках: составляющие коэффициента потерь, их характеристика.

Темы практических занятий

1. Расчет паровой турбинной ступени.

Лабораторная работа

1. Выбор оптимального значения относительной окружной скорости ступени.

Раздел 3. Многоступенчатые паровые турбины

Необходимость применения многоступенчатых турбин. Конструкция многоступенчатой турбины. Изменение параметров вдоль проточной части, процесс в h-s

диаграмме. Преимущества многоступенчатых турбин. Дополнительные потери.

Коэффициент возврата тепла; использование выходной энергии потока в ступенях. Разбивка теплоперепадов по цилиндрам. Предварительные расчеты первой и последней ступеней цилиндров. Распределение теплоперепадов между ступенями. Предельные размеры последних ступеней, предельная мощность. Определение расхода пара на турбину. Осевые усилия и способы их уравнивания. Концевые уплотнения турбин.

Темы практических занятий:

1. Разбивка теплоперепада по ступеням.

Раздел 4. Переменный режим турбины

Понятие переменного (нерасчетного) режима. Переменный режим суживающихся и расширяющихся решеток. Сетка относительных расходов. Предельное отношение давлений для расширяющейся решетки. Изменение степени реакции и расхода пара через ступень. Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении режима работы.

Работа одиночной ступени при переменном режиме. Распределение давлений и теплоперепадов в турбине при изменении пропуски пара. Дроссельное парораспределение. Регулирование мощности при скользящем давлении. Сопловое и обводное парораспределение. Выбор способа парораспределения для турбин.

Темы практических занятий:

1. Сетка относительных расходов.
2. Переменные режимы конденсационных и теплофикационных турбин.

Лабораторная работа

1. Системы парораспределения турбины

Раздел 5. Регулирование, защита, маслоснабжение

Задачи регулирования паровой турбины. Пример принципиальной схемы регулирования турбины атомных электростанций. Статическая характеристика регулирования, ее рациональная форма, степень неравномерности статической характеристики и ее роль в переходных процессах турбины и при параллельной работе турбогенераторов. Синхронизатор. Требования к системе регулирования. Защита турбин; ее роль в обеспечении надежной работы турбины и в бесперебойном снабжении электроэнергией потребителей. Примеры принципиальных схем маслоснабжения паровых турбин.

Темы практических занятий:

1. Система регулирования паровой турбины.

Раздел 6. Газотурбинные и парогазовые установки

Схемы и циклы ГТУ. Работа газовой турбины в составе энергетических и приводных газотурбинных установок. --Основные показатели работы ГТУ. Способы повышения экономичности ГТУ. Одновальные ГТУ с регенерацией. Сложные и многовальные ГТУ. Режимы работы ГТУ. Совмещенная характеристика газовой турбины и компрессора. Способы регулирования нагрузки ГТУ. Энергетическая характеристика ГТУ. Влияние температуры наружного воздуха на показатели работы ГТУ.

Парогазовые установки. Схемы ПГУ. Выбор параметров рабочего тела на одно-, двух- и трехконтурных ПГУ. Показатели тепловой экономичности ПГУ.

Темы практических занятий:

1. Расчет схемы простой ГТУ.

Раздел 7. Особенности конструкции турбомашин

Особенности конструкции паровых турбин КЭС, ТЭЦ, АЭС, ПГУ. Конструкции основных деталей газовых турбин. Способы охлаждения деталей. Конструкционные особенности сложных и многовальных ГТУ.

Темы практических занятий:

1. Предельная мощность паровой турбины.

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;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Чумаков Ю.А. Теория и расчет транспортных газотурбинных двигателей: учебник / Ю.А. Чумаков. – Москва: Форум Инфра-М, 2012. – 448с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/241724>).
2. Ляшков В.И. Тепловые двигатели и нагнетатели: учебное пособие / В.И.Ляшков. – Москва: Абрис, 2012. – 167с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/225582>)

Дополнительная литература

3. 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. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во МЭИ, 2008. – 556 с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/143619>);
1. Буров А.Л. Тепловые двигатели: учебное пособие / А.Л.Буров; Московский Государственный индустриальный университет. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: МГИУ, 2008. – 224с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/178386>)
2. Нигматулин И.Н. Тепловые двигатели: учебное пособие / И.Н. Нигматулин, П.Н. Шляхин, В.А. Ценев. – Москва: Высшая школа, 1974. – 375с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/36311>)
3. Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом на магистральных газопроводах: учебное пособие / Б.П.Поршаков [и др.]; Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (РГУ Нефти и Газа). – Москва: Недра, 2010. – 246с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/214277>)
4. Щегляев А.В. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин: учебник : в 2 кн. / А.В. Щегляев. – 7-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: АТП, 2015. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/289373>)
6. Паровые и газовые турбины: сборник задач: учебное пособие / под ред. Б.М. Трояновского, Г.С.Самойловича. – 3-е изд., перераб. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 235 с.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/36291>)
7. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/36291>)
8. Турбины тепловых и атомных электростанций. Проект многоступенчатой паровой турбины: учебное пособие / В.И.Беспалов, С.У.Беспалова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 100с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simpledocument/RU/TPU/book/68980>)

9. Трухний А.Д. Атлас конструкций деталей турбин; AtlasofTurbinePartsDesign: учебное пособие: в 2 ч. / А.Д.Трухний, Б.Н. Крупенников, А.Н роицкий; Московский энергетический институт (Технический университет) (МЭИ (ТУ)). – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/149629>)
10. Singh M.. Blade Design and Analysis for Steam Turbines / M.P.Singh, G.Lucas – New York: McGraw-Hill, 2011. – 364 p. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/245677>)
11. Boyce M.P. Gas Turbine Engineering Handbook / M.P.Boyce. – 4th ed. – Boston: Elsevier Ltd, 2012. – 956p. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/245693>)
12. Gas Turbine Theory / H.Saravanamuttoo [and others]. – 6th ed. – Harlow : Pearson, 2009. – 590p. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/245671>)
13. Грабовский А.А. История развития тепловых двигателей: конспект лекций / А.А. Грабовский; Пензенский государственный университет (ПГУ). – Пенза: Изд-во ПГУ, 2009. – 192с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/202822>)

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. Сайт специальности «Тепловые электрические станции» <http://www.03-ts.ru/>;
3. Электронно-библиотечная система ТПУ <http://catalog.lib.tpu.ru/>;
4. Бесплатная электронная библиотека Ивановского государственного энергетического университета <http://www.library.ispu.ru/elektronnaya-biblioteka>;
5. Электронная энциклопедия энергетики <http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/trenager.htm>;
6. сайт кафедры ТЭС Новосибирского государственного технического университета <http://tes.power.nstu.ru/>;
7. Крупнейшая бесплатная электронная интернет библиотека для "технически умных" людей <http://www.tehlit.ru/>.

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

1. Microsoft Office Standard 16 Академическая лицензия.
2. ПК MathCAD – Академическая лицензия.
3. ПК Matlab – Академическая лицензия.
4. RSCAD – Академическая лицензия.
5. ПК RastrWin – Академическая лицензия.
6. ПТК RTDS – Академическая лицензия.
7. ВМК реального времени – Собственная лицензированная разработка ТПУ.

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 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина 30, а, учебный корпус №4, аудитория 302	Комплект учебной мебели на 42 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 г. Томская область, Томск, пр. Ленина, 30а, учебный корпус № 4, аудитория 32	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Стол письменный - 12 шт.; Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Компьютер - 20 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 101 А	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Стол письменный - 10 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Компьютер - 11 шт.; Проектор - 1 шт.

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

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент, к.т.н.		Ромашова О.Ю.

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

 /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: 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