

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156581	Расчет и проектирование паровых турбин

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Газовые, паровые турбины и двигатели внутреннего сгорания	Код ОП 1. 13.03.03/33.01
Направление подготовки 1. Энергетическое машиностроение	Код направления и уровня подготовки 1. 13.03.03

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Брезгин Виталий Иванович	д.т.н, профессор	профессор	"Турбины и двигатели"
2	Голошумова Вера Николаевна	к.т.н., доцент	доцент	Турбины и двигатели

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Расчет и проектирование паровых турбин

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Расчет и проектирование паровых турбин» является основным в получении теоретических знаний по вопросам проектирования паротурбинных агрегатов. Модуль состоит из дисциплины «Расчет и проектирование паровых турбин»

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Расчет и проектирование паровых турбин	6
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. «Энергетические машины и турбоустановки»
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Оборудование ТЭС 2. Технология производства и ремонта паровых турбин 3. Регулирование и защита паровых турбин

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Расчет и проектирование паровых турбин	ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических,	З-2 - Изложить основные принципы разработки элементов технических объектов, систем и технологических процессов У-3 - Использовать информационные технологии для моделирования, расчета и проектирования элемента технического

экологических, социальных ограничений	объекта, системы или технологического процесса
ОПК-5 - Способен разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов	<p>З-2 - Характеризовать назначение основных нормативно-правовых и нормативно-технических документов, регламентирующих профессиональную деятельность</p> <p>З-3 - Кратко изложить возможности пакетов прикладных программ, освоенным за время обучения, для разработки и оформления технической, проектной эксплуатационной документации</p> <p>У-2 - Учитывать требования основных нормативных документов и справочные данные при разработке и оформлении технической, проектной и эксплуатационной документации в области профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Применять современные компьютерные технологии для подготовки технической, проектной и эксплуатационной документации в соответствии с действующими нормативными требованиями</p> <p>П-2 - Контролировать соответствие разрабатываемой документации действующим нормативным требованиям</p> <p>П-3 - Выполнять задания в области профессиональной деятельности, следуя требованиям технической проектной и эксплуатационной документации</p>
ПК-5 - Способен принимать обоснованные решения на стадии проектирования деталей, узлов и турбоустановок, разработки тепловых схем турбомашин, используя методы тепловых и газодинамических расчетов и САПР	<p>З-4 - Характеризовать численные методы расчета и методику использования ЭВМ</p> <p>З-5 - Описать конструктивные элементы деталей, их связи с общей конструкцией агрегата</p> <p>З-6 - Описать типовые решения, применяемые при проектировании деталей, узлов и турбоустановок</p> <p>З-8 - Характеризовать методы расчета и принципы конструирования основного и вспомогательного оборудования турбоустановок</p>

		<p>У-6 - Выбирать современные методики расчета и проектирования ступеней турбоустановок</p> <p>П-5 - Использовать методы анализа результатов расчета и оценки экономичности и надежности элементов конструкции турбоустановок</p> <p>П-6 - Предлагать методы повышения эффективности и надежности тепловых и технологических схем ГТУ и ПТУ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к выполнению заданий по освоению компетенции</p>
	<p>ПК-6 - Способен выполнять экспериментальные исследования и испытания турбоустановок, проводить измерения физических величин, а также разработку технических заданий инженерных проектов</p>	<p>З-1 - Изложить методы проведения экспериментальных исследований и испытаний турбоустановок</p> <p>З-2 - Характеризовать этапы разработки и ведения сопутствующих операций для создания технических заданий инженерных проектов</p> <p>У-1 - Проектировать элементы конструкции турбоустановок с обеспечением их эффективности и надежности</p> <p>У-2 - Выбирать современные методы расчета ступеней, сопловых и рабочих лопаток</p> <p>У-3 - Выполнять измерения физических величин, проводить испытания турбоустановок по известному алгоритму</p> <p>П-1 - Использовать методы газодинамического расчета и экспериментальных исследований в элементах проточных частей турбоустановок</p> <p>П-2 - Анализировать результаты расчета и экспериментальных исследований</p> <p>П-3 - Использовать методологию обработки экспериментальных исследований и оценки погрешностей при исследовании турбоустановок</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Расчет и проектирование паровых турбин

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Брезгин Виталий Иванович	д.т.н, профессор	профессор	"Турбины и двигатели"
2	Голошумова Вера Николаевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	турбин и двигателей

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Брезгин Виталий Иванович, профессор, "Турбины и двигатели"
- Голошумова Вера Николаевна, Доцент, турбин и двигателей

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Основные элементы паровой турбины, их назначение. Краткий исторический обзор развития паровых турбин в энергетике (на ТЭС и АЭС). Определение термодинамических параметров пара при расчетах турбины.
P2	Построение предполагаемого процесса паровой турбины в h, S -диаграмме.	Выбор типа парораспределения. Располагаемый (изоэнтروпийный) теплоперепад турбины. Учет потерь в стопорном и в регулирующих клапанах, учет потерь в выхлопном патрубке. Выбор типа регулирующей ступени. Оптимизация теплоперепада на регулирующей ступени. Унификация регулирующих ступеней. Определение располагаемого теплоперепада на все нерегулируемые ступени.

P3	Тепловой расчет регулирующей ступени.	<p>Выбор эффективного угла выхода потока, степени парциальности, профилей сопловых и рабочих лопаток, определение геометрических параметров ступени.</p> <p>Расчет потерь, относительного внутреннего КПД и мощности регулирующей ступени, относительный лопаточный КПД.</p> <p>Потери на трение диска, потери от утечек, потери от парциальности, относительный внутренний КПД.</p> <p>Использованный теплоперепад ступени. Внутренняя мощность ступени.</p>
P4	Тепловой расчет нерегулируемых ступеней.	<p>Методы оценки числа ступеней и разбивки теплоперепадов между ними.</p> <p>Оптимизация ступени на ее среднем диаметре и оптимизация ступени на корневом диаметре. Преимущества и недостатки методов.</p> <p>Определение числа нерегулируемых ступеней при различных конструкциях проточной части (прямоточной, петлевой и др.)</p> <p>Выбор эффективного угла выхода потока, степени реактивности на среднем диаметре, профилей сопловых и рабочих лопаток, определение геометрических параметров ступени.</p> <p>Расчет потерь, относительного внутреннего КПД и мощности нерегулируемых ступеней.</p>
P5	Выбор схемы и расчет концевых уплотнений.	<p>Схемы концевых уплотнений турбин. Примеры из существующих конструкций турбин различного назначения и различной мощности.</p> <p>Методика расчета и оптимизация конструкции.</p>
P6	Конструкции лопаток, диафрагм, подшипников и роторов	<p>Материалы в турбостроении.</p> <p>Обзор конструкций элементов и деталей турбин, специфика конструкций турбин разных производителей.</p>
P7	Расчет на прочность деталей и узлов паровых турбин.	<p>Расчет на прочность рабочих лопаток.</p> <p>Расчет на прочность диафрагм.</p> <p>Поверочный расчет радиальных подшипников.</p> <p>Расчет критической частоты вращения вала.</p>
P8	Проектирование ЦВД турбины.	<p>Проектирование ЦВД паровой турбины или одноцилиндровой турбины с противодавлением.</p> <p>Требования к составлению конструкторской документации в соответствии со стандартами (требованиями ЕСКД),</p>

		<p>техническими условиями и нормативными документами на предприятиях энергетической отрасли.</p> <p>Требования к графической части проекта в объеме курсового проектирования (эскизного проекта).</p> <p>Чертеж продольного разреза турбины.</p> <p>Чертеж поперечного разреза.</p> <p>Чертеж проточной части регулирующей и первой нерегулируемой ступеней в двух проекциях (разрез и развертка по профилю лопаток).</p>
Р9	Тепловые схемы ПТУ	<p>Выбор тепловой и конструктивной схемы конденсационных турбин. Особенности расчета. Примеры современных отечественных и зарубежных конденсационных турбин.</p> <p>Выбор тепловой и конструктивной схемы теплофикационных турбин. Особенности расчета. Организация теплофикационных отборов. Примеры современных отечественных и зарубежных теплофикационных турбин.</p> <p>Выбор тепловой и конструктивной схемы паровых турбин для ПГУ. Особенности расчета. Примеры современных отечественных и зарубежных турбин для ПГУ</p>
Р9	Фундаменты паровых турбин.	<p>Назначение фундаментов паровых турбин.</p> <p>Типовые конструкции фундаментов ПТ.</p> <p>Опираие паровых турбин на фундамент.</p> <p>Организация тепловых расширений корпуса ПТ.</p> <p>Особенности опирания ЦНД паровых турбин на фундамент.</p> <p>Особенности разводки трубопроводов в фундаментах.</p> <p>Распределение нагрузок на фундаменты ПТ и их расчет.</p> <p>Крепление турбины и генератора к фундаменту ПТ.</p> <p>Использование виброизоляторов и демпферов в фундаментах ПТ.</p> <p>Примеры реализации фундаментов для различных ПТ.</p> <p>Меры борьбы со стеснением расширения турбоагрегата</p>
Р10	Особенности паровых турбин различного назначения.	<p>Классификация паровых турбин.</p> <p>Обозначение турбин различного назначения.</p> <p>Особенности расчета и проектирования конденсационных ПТ. Примеры конструкций.</p> <p>Сравнение турбин К-50...К-1200.</p>

		<p>Особенности расчета и проектирования теплофикационных ПТ. Примеры конструкций.</p> <p>Сравнение турбин Т-50...Т-250.</p> <p>Особенности расчета и проектирования ПТ ТЭС с производственным отбором. Примеры конструкций.</p> <p>Сравнение турбин ПТ-30...ПТ-140.</p>
P11	Особенности паровых турбин атомных электростанций	<p>Структура выработки электроэнергии в России и мире на электростанциях различного типа.</p> <p>Прогнозы развития АЭС.</p> <p>Тепловые циклы и схемы ПТУ на АЭС.</p> <p>Одноконтурные, двухконтурные и трехконтурные АЭС. Особенности экономичности и безопасности.</p> <p>Процесс расширения насыщенного пара. Особенности расчета и схемные решения.</p> <p>Основные узлы и конструкция паровых турбин АЭС.</p> <p>Сравнение турбин К-220...К-1000 различных производителей. Быстроходные и тихоходные паровые турбины АЭС.</p> <p>Современные технические решения при проектировании турбин АЭС.</p>
P12	Современные достижения в области расчета и проектирования паровых турбин.	<p>Изменения в ЕСКД в области проектирования ПТ.</p> <p>Стадии проектирования ПТ на примере ПСГ-1200.</p> <p>Методы проектирования: восходящее и нисходящее проектирование; преимущества и недостатки.</p>
P13	Технология проектирования паровых турбин на российских турбинных заводах.	<p>Организация проектирования ПТ на российских заводах.</p> <p>Структура конструкторского бюро ЗАО «УТЗ».</p> <p>Основные этапы проектирования ПТ; особенности взаимоотношений с заказчиком и генеральным проектировщиком.</p> <p>Функциональная модель проектирования паровых турбин.</p> <p>Функциональная модель проектирования компоновок паровых турбин.</p> <p>Функциональная модель проектирования теплообменного оборудования паровых турбин.</p>
P14	Современные и перспективные технологии	<p>Расчет и проектирование паровой турбины Т-295/335-23,5 – передовые технические решения.</p>

	проектирования паровых турбин.	<p>Совершенствование и модернизации проточных частей ПТ.</p> <p>Метод модельных ступеней.</p> <p>Оптимизация проточных частей паровых турбин.</p> <p>Совершенствование лопаточного аппарата.</p> <p>Саблевидные направляющие и рабочие лопатки.</p> <p>Меридиональное профилирование.</p> <p>Совершенствование уплотнений.</p> <p>Повышение начальных параметров пара.</p> <p>Повышение КПД паровых турбин.</p>
--	--------------------------------	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Формирование социально-значимых ценностей	<p>профориентационная деятельность</p> <p>общение в социальных сетях и электронной почте в системах «студент-преподаватель», «группа студентов-преподаватель», «студент-студент», «студент-группа студентов»</p>	<p>Технология самостоятельной работы</p> <p>Технология анализа образовательных задач</p>	ПК-5 - Способен принимать обоснованные решения на стадии проектирования деталей, узлов и турбоустановок, разработки тепловых схем турбомашин, используя методы тепловых и газодинамических расчетов и САПР	3-5 - Описать конструктивные элементы деталей, их связи с общей конструкцией агрегата

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Расчет и проектирование паровых турбин

Электронные ресурсы (издания)

1. Акладная, Г. С.; Судовые турбомашины : курс лекций.; Альтаир : МГАВТ, Москва; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429935> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Костюк, А. Г., Фролов, В. В., Булкин, А. Е., Трухний, А. Д.; Паровые и газовые турбины для электростанций : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Тепловые электр. станции" направления подгот. "Теплоэнергетика".; МЭИ, Москва; 2008 (1 экз.)
2. , Костюк, А. Г., Трубилов, М. А., Фролов, В. В.; Паровые и газовые турбины : Учебник для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (30 экз.)
3. Щегляев, А. В., Трояновский, Б. М.; Паровые турбины : Теория теплового процесса и конструкции турбин : Учебник для студентов энергомашиностр. и теплоэнергет. специальностей вузов : В 2 кн. Кн. 1. ; Энергоатомиздат, Москва; 1993 (80 экз.)
4. Трухний, А. Д., Ломакин, Б. В.; Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки : Учеб. пособие для студентов вузов.; Издательство МЭИ, Москва; 2002 (17 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Не используются

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://lib.urfu.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Расчет и проектирование паровых турбин

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Google Chrome, Mozilla Firefox

		<p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Google Chrome, Mozilla Firefox</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Google Chrome, Mozilla Firefox</p>
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Google Chrome, Mozilla Firefox</p>

		<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не используется