

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
1156579	Расчет и проектирование газовых 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	Комаров Олег Вячеславович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	турбин и двигателей

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Расчет и проектирование газовых турбин

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль «Расчет и проектирование газовых турбин» входит дисциплина «Расчет и проектирование газовых турбин» Модуль является завершающим в получении теоретических знаний по вопросам проектирования газотурбинных агрегатов

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 газовых 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 газокompрессорных станций 2. Оборудование ТЭС 3. Технология производства и ремонта газотурбинных установок 4. Регулирование и защита газовых турбин 5. Государственная итоговая аттестация

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 газовых турбин	ОПК-4 - Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом	З-2 - Изложить основные принципы разработки элементов технических объектов, систем и технологических процессов У-3 - Использовать информационные технологии для моделирования, расчета и

экономических, экологических, социальных ограничений	проектирования элемента технического 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-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках	У-13 - Использовать принятые в отрасли методы прочностных, гидродинамических и теплотехнических расчетов
ПК-5 - Способен принимать обоснованные решения	З-3 - Перечислить основы и правила выполнения и оформления графической и

	<p>на стадии проектирования деталей, узлов и турбоустановок, разработки тепловых схем турбомашин, используя методы тепловых и газодинамических расчетов и САПР</p>	<p>текстовой конструкторской документации с учетом требований ЕСКД</p> <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-7 - Описать типовые конструкции оборудования турбомашин</p> <p>З-8 - Характеризовать методы расчета и принципы конструирования основного и вспомогательного оборудования турбоустановок</p> <p>У-5 - Использовать принятые в отрасли программные приложения и базы данных, обеспечивающие проектирование эффективных и надежных конструкций турбоустановок</p> <p>У-6 - Выбирать современные методики расчета и проектирования ступеней турбоустановок</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт расчетов и конструирования деталей и турбоустановок с использованием САПР</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>
--	--	--

1.5. Форма обучения

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Расчет и проектирование газовых турбин

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Комаров Олег Вячеславович	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:

- Комаров Олег Вячеславович, 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	Газотурбинные установки. Сравнительный анализ приводных и энергетических установок. Современный уровень термодинамических параметров цикла.
P2	Проектирование и характеристики газовых турбин	<p>2.1. Газовая турбина – важная часть ГТУ. Значение внутреннего КПД для турбины ГТУ. Особенности ступеней, характерные для газовых турбин. Выбор осевой скорости углов выхода из сопловых аппаратов и степеней реактивности ступеней. Оптимальное соотношение коэффициентов нагрузки и расходов. Особенности потерь энергии и способы снижения потерь в ступенях газовых турбин. Угол выхода потока из межлопаточного канала. Дополнительные потери в проточной части от охлаждения. Понятие о метаемой площади. Связь высоты рабочей лопатки допустимыми напряжениями и частотой вращения.</p> <p>2.2. Газодинамический расчет ступени и турбины. Оптимизации ступени с использованием ЭВМ и экспериментальных данных. Пространственное профилирование ступеней.</p> <p>2.3. Изменение КПД и степеней реактивности ступени на переменном режиме. Процесс в турбинной ступени при совместной работе диффузорным выходным патрубком. Многоступенчатые, газовые турбины.</p> <p>2.4. Особенности расчетов и проектирование радиально осевых ступеней газовых турбин. Особенности</p>

		<p>проектирования газовых турбин на природном, доменном и других газах.</p> <p>2.5. Расходные характеристики турбин. Влияние изменения частоты вращения на расход крутящий момент и КПД турбины. Характеристики турбины с регулируемым сопловым аппаратом. Разделение многоступенчатой турбины на отсеки. Входные, выходные и переходные патрубки.</p>
Р3	Конструкция газовых турбин	<p>3.1. Связь конструкции турбины с общей компоновкой турбогруппы ГТУ. Конструкции роторов и рабочих лопаток турбин энергетических и приводных ГТУ. Влияние единичной мощности. Комбинирование роторов турбин и компрессоров.</p> <p>3.2. Конструктивные особенности статоров газовых турбин. Выбор температурного уровня деталей, определяющих радиальные зазоры в проточной части. Типы конструкций сопловых аппаратов. Диффузорные патрубки газовых турбин энергетических и приводных ГТУ. Входные и промежуточные патрубки.</p> <p>3.3. Особенности лабиринтовых уплотнений газовых турбин. Осевые усилия и упорные подшипники. Типы корпусов подшипников.</p> <p>3.4. Турбины энергетических ГТУ. Турбины приводных ГТУ из двух и трех отсеков. Особенности конструкции газовых турбин, работающих на доменном, природном и других газах. Обозначения ГТУ различных конструкций.</p>
Р4	Охлаждение газовых турбин	<p>4.1. Уровень начальной температуры газа и методы его обеспечения. Температурное состояние узлов и деталей газовых турбин на установившихся и переходных режимах. Требования к материалам основных деталей высокотемпературных турбин. Общие требования к системам охлаждения и их классификация.</p> <p>4.2. Сопловые лопатки конвективного и конвективно-плёночного охлаждения. Системы охлаждения статоров турбин. Охлаждаемые рабочие лопатки. Системы охлаждения дисков и роторов.</p> <p>4.3. Термодинамические потери в охлаждаемых турбинах: на подготовку охладителя, на его прокачку, от смещения охладителя с основным потоком, от кондиционирования охладителя. Потери в проточной части охлаждаемых турбин; от неоптимальности профилей, от втулочного отношения, от закона закрутки, от нестационарности обтекания, от выхода охладителя в проточную часть.</p> <p>4.4. Температурные поля охлаждаемых деталей турбин и теплообмен применительно к характерным элементам ротора и статора. Гидравлическое сопротивление систем охлаждения. Использование ЭВМ при расчетах систем охлаждения турбин. Особенности проектирования охлаждаемых турбин.</p>

		Испытания и доводка систем охлаждения газовых турбин. Практическое применение различных систем охлаждения.
P5	Заключение	Перспективы применения газотурбинных установок в промышленности: для транспорта газа, большой и малой энергетики.
P6	Особенности теплового и газодинамического расчета газовых турбин	Газодинамический расчета газовой турбины, определение основных геометрических характеристик проточной части турбины, размеров переходных и выходных патрубков.

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	профориентационная деятельность общение в социальных сетях и электронной почте в системах «студент-преподаватель», «группа студентов-преподаватель», «студент-студент», «студент-группа студентов»	Технология самостоятельной работы Технология анализа образовательных задач	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	3-8 - Характеризовать методы расчета и принципы конструирования основного и вспомогательного оборудования турбоустановок

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Расчет и проектирование газовых турбин

Электронные ресурсы (издания)

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

Печатные издания

1. ; Паровые и газовые турбины: Сборник задач : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва;

1987 (25 экз.)

2. , Арсеньев, Л. В., Тырышкин, В. Г.; Стационарные газотурбинные установки : Справочник.; Машиностроение, Ленинград; 1989 (28 экз.)

3. Ревзин, Резвин, Б. С.; Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты; Недра, Москва; 1986 (38 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Комаров О.В., Блинов В.Л., Шемякин А.С. Тепловые и газодинамические расчеты газотурбинных установок. Учебно-методическое пособие. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018.: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/65219>

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.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека <http://lib.urnu.ru/>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Расчет и проектирование газовых турбин

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Браузер Google Chrome
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>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 Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Браузер Google Chrome</p>
3	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>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</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>Браузер Google Chrome</p>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
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>	Не требуется