

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
1156545	«Энергетические машины и турбоустановки»

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	Блинов Виталий Леонидович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	турбин и двигателей
2	Кистойчев Александр Владимирович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	турбин и двигателей

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «Энергетические машины и турбоустановки»

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Энергетические машины и турбоустановки» включает в себя дисциплины «Теория турбомашин», «Энергетические машины и установки». В ходе изучения модуля студент получает базовые знания процессов, проходящих в элементах энергетических машин, и получает умения проводить расчеты и оптимизацию этих элементов, как аналитическими методами, так и с применением численных средств

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	Теория турбомашин	7
2	Энергетические машины и установки	3
ИТОГО по модулю:		10

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. «Гидрогазодинамика»2. Теплотехника3. Механика4. Материалы энергетических установок
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Теплотехника2. Материалы энергетических установок3. Расчет и проектирование паровых турбин4. Расчет и проектирование газовых 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
Теория	ОПК-3 - Способен проводить исследования	З-2 - Характеризовать возможности доступной исследовательской аппаратуры

турбомашин	и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов	<p>для реализации предложенных приемов и методов решения поставленных прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Анализировать и объяснить полученные результаты исследований и изысканий</p> <p>П-2 - Представить интерпретацию полученных результатов в форме научного доклада (сообщения)</p> <p>П-3 - Составить план проведения исследований и изысканий, включающий перечень необходимых ресурсов и временные затраты</p>
	ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках	<p>З-10 - Изложить физические основы и математические модели процессов преобразования энергии и теплового, гидравлического и газодинамического расчетов энергетических машин и турбоустановок</p> <p>У-10 - Анализировать результаты расчетных и экспериментальных исследований и разрабатывать рекомендации по улучшению эксплуатационных показателей надежности оборудования</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-11 - Описать конструктивное устройство, рабочие процессы, принципы работы и особенности компоновки основного и вспомогательного оборудования энергоустановок</p> <p>У-4 - Принимать обоснованные решения на стадии проектирования, обеспечивающие надежную и экономичную работу турбомашин</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт расчетов и конструирования деталей и турбоустановок с использованием САПР</p> <p>П-4 - Применять современные программные продукты, позволяющие моделировать и управлять прочностью и надежностью деталей турбомашин</p>
Энергетические машины и	ОПК-3 - Способен проводить исследования и изыскания для	З-2 - Характеризовать возможности доступной исследовательской аппаратуры для реализации предложенных приемов и

установки	решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов	методов решения поставленных прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности У-3 - Анализировать и объяснить полученные результаты исследований и изысканий П-2 - Представить интерпретацию полученных результатов в форме научного доклада (сообщения) П-3 - Составить план проведения исследований и изысканий, включающий перечень необходимых ресурсов и временные затраты
	ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках	З-10 - Изложить физические основы и математические модели процессов преобразования энергии и теплового, гидравлического и газодинамического расчетов энергетических машин и турбоустановок У-11 - Пользоваться методами тепловых и гидрогазодинамических расчетов, программами, базами данных, необходимыми в эксплуатации энергетических машин У-12 - Анализировать физические процессы и принимать обоснованные решения на стадиях модернизации, обеспечивающие надежную и экономичную работу турбоустановок П-7 - Использовать навыки выполнения расчетов рабочих характеристик энергетических установок
	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	З-11 - Описать конструктивное устройство, рабочие процессы, принципы работы и особенности компоновки основного и вспомогательного оборудования энергоустановок З-12 - Характеризовать технико-экономические показатели работы основного и вспомогательного оборудования энергоустановок П-3 - Иметь практический опыт расчетов и конструирования деталей и турбоустановок с использованием САПР

		П-8 - Иметь практический опыт применения современных достижений в области проектирования и эксплуатации энергетических машин и установок
--	--	--

1.5. Форма обучения

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория турбомашин

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кистойчев Александр Владимирович	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:

- Кистойчев Александр Владимирович, 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	Общие положения	
P1.T1	Введение	Предмет, задачи, содержание и структура дисциплины. Учебная литература по дисциплине.
P1.T2	Энергетические машины и турбомашин	Виды турбомашин: паровая и газовая турбина; компрессор. Устройство и работа простейших ПТУ и ГТУ. Конструктивная схема паровой (газовой) турбины. Основные элементы.
P2	Турбинная ступень	
P2.T1	Основные уравнения движения сжимаемой жидкости	Уравнение состояния. Уравнение идеального газа; уравнение идеального пара; таблицы и диаграммы водяного пара. Зависимости для термодинамических свойств водяного пара, используемые в расчетах на ЭВМ. Уравнение неразрывности. Уравнение количества движения. Уравнение сохранения энергии.
P2.T2	Ступень как основной элемент турбомашин	Принцип действия ступени. Конструктивная схема ступени; основные элементы ступени, их назначение.
P2.T3	Преобразование энергии	Преобразование энергии в осевой турбинной ступени. Качественное описание процессов, происходящих в ступени, в сопловых и рабочих каналах, в межлопаточных зазорах.

		<p>Кинематика потока, треугольники скоростей и их использование при анализе работы ступени.</p> <p>Активный и реактивный принципы преобразования энергии в турбинной ступени.</p>
Р3	Геометрические параметры ступени	
Р3.Т1	Понятие турбинной (лопаточной) решетки	<p>Типы решеток: сопловые, рабочие. Изображение решеток в меридиональном и цилиндрическом сечении. Профили лопаток, их основные части: входная и выходная кромка; выпуклая часть (спинка) и вогнутая часть (корытце) профиля. Форма спинки профиля в выходной части профиля: выпуклая, прямая, вогнутая, сложная.</p>
Р3.Т2	Геометрические параметры ступени	<p>Характерные абсолютные размеры ступени, профиля и решетки профилей: диаметры, высоты лопаток, осевая ширина, хорда, толщина входной и выходной кромок, шаг профилей, угол установки профилей в решетке и т.д.</p> <p>Каналы, образованные профилями в решетке; основные участки канала; входной; собственно канал; косой срез; горло канала.</p>
Р3.Т3	Относительные геометрические характеристики (параметры) решеток	<p>Верность; относительная высота (длина) решетки; относительный шаг, относительная толщина выходной кромки, эффективный угол выхода, конфузорность и степень расширения канала. Угол поворота канала. Каналы конфузорные (суживающиеся) и расширяющиеся (сопла Лавалея); активные решетки профилей с каналом постоянного сечения.</p>
Р4	Течение рабочего тела в каналах турбинной ступени	
Р4.Т1	Использование уравнений движения сжимаемой жидкости для анализа истечения газа (пара) из сопел	<p>Выводы/соотношений для определения скорости газа (пара) на выходе из сопла при идеальном (теоретическом) процессе расширения. Параметры торможения. Критическая скорость потока и критическое отношение давлений Расход рабочего тела через сопло при критическом истечении. Приведенный (относительный) расход. Приближенное уравнение (уравнение эллипса) для определения приведенного расхода. Реальное течение газа (пара) в каналах.</p>
Р4.Т2	Расширение пара в косом срезе решетки	<p>Возможность достижения сверхзвуковой скорости в суживающейся решетке, отклонение потока рабочего тела от направления, определяемого эффективным углом выхода. Формула Бэра для определения угла отклонения потока; использование величины относительного расхода q при расчетах угла отклонения потока; предельная степень расширения потока в косом срезе решетки и её расчет.</p> <p>Расчет отклонения потока в расширяющихся решетках.</p>

P4.T3	Построение процесса расширения газа (пара) в соплах в h-s диаграмме	Применение уравнения сохранения энергии при изображении истечения рабочего тела из сопловых каналов h-s диаграмме. Располагаемый теплоперепад. Сработанный теплоперепад. Потери в соплах.
P4.T4	Построение процесса расширения газа (пара) в рабочих каналах в h-s диаграмме	Применение уравнения сохранения энергии при изображении расширения рабочего тела в рабочих каналах h-s диаграмме. Располагаемый теплоперепад. Сработанный теплоперепад. Потери в рабочих каналах.
P4.T5	Построение процесса расширения газа (пара) в турбинной ступени в h-s диаграмме	Располагаемый теплоперепад ступени. Располагаемый и адиабатический теплоперепады ступени. Потери с выходной скоростью.
P4.T6	Степень реактивности	Понятие степени реактивности; термодинамическая и кинематическая степень реактивности. Активные и реактивные ступени. h-s диаграммы расширения рабочего тела в активной и реактивной ступенях. Влияние степени реактивности на конструкцию, экономичность и мощность ступени (турбины).
P5	Экономичность ступени	
P5.T1	Относительный лопаточный КПД ступени	Определение относительного лопаточного КПД ступени $\eta_{ол}$. Коэффициент использования энергии с выходной скоростью и его влияние на относительный лопаточный КПД ступени
P5.T2	Характеристический коэффициент ступени	Понятие фиктивной скорости $C_{ф}$ для ступени. Характеристическое отношение скоростей $X_{ф} = u/C_{ф}$ для ступени. Зависимость относительного лопаточного КПД от характеристики ступени $x_{ф}$ степени реактивности и коэффициентов скорости η и $\eta_{ол}$. Формула Банки. Определение максимального значения КПД $\eta_{ол}$ и оптимального значения характеристического отношения скоростей. Оптимальные треугольники скоростей.
P6	Потери в турбомашинах	
P6.T1	Классификация потерь	Классификация потерь в турбомашинах: внешние, внутренние, дополнительные. Внутренние потери: потери при течении рабочего тела в сопловых и рабочих каналах. Коэффициенты потерь и коэффициенты скорости. Потери с выходной скоростью.
P6.T2	Пограничный слой	Пограничный слой: ламинарный и турбулентный пограничные слои. Число Рейнольдса. Влияние элементов шероховатости поверхности лопаток на пограничный слой. Коэффициент трения и коэффициент потерь в каналах. Коэффициент скорости. Коэффициент расхода для канала.
P6.T3	Потери энергии при обтекании турбинных решеток	Профильные потери, их составляющие: потери на трение, кромочные (выходные) потери, волновые потери. Концевые потери. Потери от взаимодействия решеток. Потери от нерасчетного угла входа потока.
P7	Особые типы ступеней	

P7.T1	Ступени скорости	Принцип действия. Особенности процесса расширения пара. Основные характеристики. Область применения. Расчет двухвенечной ступени скорости.
P7.T2	Другие типы ступеней	Ступени с парциальным подводом рабочего тела. Ступени с регулируемой (изменяемой) сопловой решеткой - регулирующие ступени. Регулирование количества сопловых каналов с помощью клапанов и регулирующих поворотных диафрагм. Ступени с поворотными лопатками. Ступень Баумана
P8	Расчет турбинной ступени по среднему диаметру	
P8.T1	Метод треугольников скоростей	Метод треугольников скоростей как первое приближение при расчете любых ступеней. Задаваемые и принимаемые величины. Выбор степени реактивности. Выбор отношения скоростей $u/cф$. Последовательность расчета: при заданном располагаемом теплоперепаде; при заданном (принятом) значении среднего (корневого) диаметра ступени.
P8.T2	Размеры решеток	Определение размеров решеток. Расчет треугольников скоростей. Выбор профилей сопловой и рабочей решетки. Учет требований по прочности рабочих лопаток. Определение относительного лопаточного КПД и мощности ступени.
P8.T3	Профили и их аэродинамические характеристики	Классификация и обозначение профилей лопаток. Атлас профилей МЭИ. Выбор профиля по атласу. Выбор угла установки, шага и других параметров; определение угла поворота профиля. Определение размеров решеток. Аэродинамические характеристики решеток: коэффициент потерь энергии, коэффициент расхода, угол выхода потока. Зависимость аэродинамических характеристик от режимных и геометрических параметров. Обобщенные аэродинамические характеристики турбинных решеток. Обобщение экспериментальных данных по коэффициентам потерь энергии, коэффициентам расхода и углам выхода от геометрических и режимных факторов. Графическое представление обобщенных аэродинамических характеристик. Формулы для расчета аэродинамических характеристик, коэффициенты скорости и коэффициенты потерь. Определение основных размеров турбинных решеток.
P8.T4	Усилия на лопатках	Силы, действующие на рабочие лопатки. Вращающий момент ступени. Мощность ступени. Связь окружной мощности с мощностью на лопатках и теплоперепадом ступени.
P9	Расчет ступени с учетом изменения параметров потока по радиусу	
P9.T1	Радиальное равновесие потока	Условия пространственного течения потока в ступени. Радиальное равновесие потока в межвенцовом зазоре и на выходе из ступени. Законы закруток решеток: постоянство

		углов $\alpha_1 = \text{const}$; неизменность по высоте циркуляции скорости потока на выходе сопловой решетки - $\text{cu } r = \text{const}$; постоянство удельного расхода ступени с постоянными по высоте профилями решеток. Ступени с уменьшенным градиентом реактивности. Изменение степени реактивности и других параметров по высоте ступени.
P9.T2	Ступени с большой веерностью	Проектирование ступеней с большой веерностью. Основные характеристики ступени. Выбор закона закрутки решеток. Профилирование решеток. Ступени с саблевидными сопловыми лопатками. Модельные ступени. Последовательность расчета ступени большой веерности.
P10	Относительный внутренний КПД ступени	
P10.T1	Дополнительные потери в ступени	Потери на трение рабочего тела о поверхности диска и концевые поверхности. Потери от парциального подвода рабочего тела. Потери от утечек рабочего тела в ступени. Потери от влажности. Потери от верности. Способы уменьшения дополнительных потерь.
P10.T2	Определение относительного внутреннего КПД ступени	Связь с относительным лопаточным КПД. Зависимость от характеристического коэффициента.
P11	Конструктивное выполнение ступеней и лопаток	
P11.T1	Обзор конструкций турбинных ступеней и их элементов	Конструкция рабочих лопаток в области высокого, среднего и низкого давления. Типы хвостовиков, применяемых различными заводами (ЛМЗ, ТМЗ, ХТГЗ). Типы бандажа. Безбандажные ступени в области низкого давления. Конструкция диафрагм. Сварные и литые диафрагмы. Конструкции сопловых аппаратов, применяемых различными турбинными заводами. Особенности конструкции лопаточного аппарата регулирующих ступеней и сопловых коробок.
P12	Способы повышения эффективности ступени	
P12.T1	Оптимизация ступени	Выбор оптимальных характеристик ступени с учетом дополнительных потерь. Оптимизация турбинных ступеней. Оптимизация изолированной ступени. Оптимизация промежуточной ступени активного и реактивного типа. Оптимизация последних ступеней конденсационных паровых турбин.
P12.T2	Обзор конструкций турбинных ступеней и их элементов	Конструкция рабочих лопаток в области высокого, среднего и низкого давления. Типы хвостовиков, применяемых различными заводами (ЛМЗ, ТМЗ, ХТГЗ). Типы бандажа. Безбандажные ступени в области низкого давления.

		<p>Конструкция диафрагм. Сварные и литые диафрагмы. Конструкции сопловых аппаратов, применяемых различными турбинными заводами.</p> <p>Особенности конструкции лопаточного аппарата регулирующих ступеней и сопловых коробок.</p>
P12	Способы повышения эффективности ступени	
P12.T1	Оптимизация ступени	<p>Выбор оптимальных характеристик ступени с учетом дополнительных потерь.</p> <p>Оптимизация турбинных ступеней. Оптимизация изолированной ступени. Оптимизация промежуточной ступени активного и реактивного типа. Оптимизация последних ступеней конденсационных паровых турбин.</p>
P12.T2	Обзор конструкций турбинных ступеней и их элементов	<p>Конструкция рабочих лопаток в области высокого, среднего и низкого давления. Типы хвостовиков, применяемых различными заводами (ЛМЗ, ТМЗ, ХТГЗ). Типы бандажа. Безбандажные ступени в области низкого давления.</p> <p>Конструкция диафрагм. Сварные и литые диафрагмы. Конструкции сопловых аппаратов, применяемых различными турбинными заводами.</p> <p>Особенности конструкции лопаточного аппарата регулирующих ступеней и сопловых коробок.</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»,</p>	<p>Технология самостоятельной работы</p> <p>Технология анализа образовательных задач</p>	ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках	3-10 - Изложить физические основы и математические модели процессов преобразования энергии и теплового, гидравлического и газодинамического расчетов энергетических машин и турбоустановок

	«студент-группа студентов»			
--	----------------------------	--	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория турбомашин

Электронные ресурсы (издания)

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

Печатные издания

1. , Цанев, С. В.; Газотурбинные энергетические установки : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Теплоэнергетика".; МЭИ, Москва; 2011 (10 экз.)

2. Щегляев, А. В., Трояновский, Б. М.; Паровые турбины : Теория теплового процесса и конструкции турбин : учебник для студентов энергомашиностроит. и теплоэнерг. специальностей вузов.; Энергия, Москва; 1976 (43 экз.)

3. Трухний, А. Д., Крупенников, Б. Н., Петрунин, С. В.; Атлас конструкций деталей турбин : Учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлениям "Энергомашиностроение" и "Теплоэнергетика".; Издательство МЭИ, Москва; 2000 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Артемова Т.Г., Еловицова Г.Г., Комаров О.В., Кистойчев А.В., Неволин А.М., Недошивина Т.А., Скороходов А.В., Федорченко М.Ю. ЭОР (ИПМК) «Эксплуатация компрессорных станций с газотурбинным приводом». 2014. Режим доступа: Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ: <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/12016>

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

1. Официальный интернет-сайт ОАО «Газпром»: <http://www.gazprom.ru/>

2. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

3. Интернет-ресурсы: www.power-m.ru; www.utz.ru; www.turboatom.com.ua; https://www.reph.ru; <https://vti.ru/>; <http://ckti.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория турбомашин

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. Реквизиты подтверждающего документа
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	Не используется
2	Практические занятия	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 Microsoft Office
3	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Браузер Google Chrome Microsoft Office

4	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>	Не используется
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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Энергетические машины и установки

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Блинов Виталий Леонидович	кандидат технических наук, без ученого звания	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:

- **Блинов Виталий Леонидович, 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 в энергетические машины и установки	Энергетика и развитие общества. Области применения энергетических машин и установок. Предмет, задачи, содержание и структура дисциплины. Учебная литература по дисциплине. Классификация энергетических машин и установок. Современная энергетическая отрасль России. Современная газовая отрасль России. Лопаточные машины.
P2	Энергетические машины для повышения давления газов - компрессоры	Типы компрессоров. Область применения. Турбокомпрессоры. Принцип действия. Термодинамика компрессорного процесса. Основные параметры. Характеристики лопатных компрессорных машин. Ступень осевого компрессора. Ступень центробежного компрессора. Особенности эксплуатации. Конструкции компрессоров.
P3	Энергетические машины для перекачивания жидкостей - насосы	Классификация. Насосные агрегаты. Основы теории насосов. Принцип действия. Мощность и коэффициенты полезного действия насоса. Осевые и центробежные насосы. Многоступенчатые насосы. Характеристики насосов. Регулирование подачи. Параллельное и последовательное включение центробежных насосов в сеть трубопроводов. Основные конструктивные элементы насоса. Влияние

		температуры жидкости на конструкцию центробежных насосов. Кавитация. Выбор насосов и приводных двигателей.
P4	Энергетические машины для перекачивания жидкостей - турбины	Области применения турбин в качестве двигателей. Классификация. Газовые турбины. Принцип действия ступени осевой турбины. Принцип действия ступени радиальной турбины. Условия работы турбин в составе газотурбинных и паротурбинных установок. Утилизационные турбины. Гидротурбины, основные типы. Ветроэнергетики. Основные параметры работы турбин. Особенности конструкции. Вопросы эксплуатации турбин разных типов.
P5	Энергетические установки	Паротурбинные установки. Газотурбинные установки. Микро газотурбинные установки. Парогазовые установки. Газоперекачивающие агрегаты. ORC установки. Детандер-генераторные и детандер-компрессорные агрегаты. Схемы и циклы. Особенности конструкции и эксплуатации. Вспомогательное оборудование.
P6	Нетрадиционные источники энергии	Ветроэнергетика. Гидроэнергетика. Солнечные энергетические установки. Геотермальная энергетика. Термоэлектродинамические преобразователи. МагнитоГидроДинамические (МГД) преобразователи. Электрохимические генераторы и энергоустановки.
P7	Энергосбережение и экология	Понятие энергосбережения. Потенциал энергосбережения. Энергосбережение на предприятии и в быту. Эффективность работы энергетических машин и установок. Экологические показатели работы энергетических машин и установок.

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»,	Технология самостоятельной работы Технология анализа образовательных задач	ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках	3-10 - Изложить физические основы и математические модели процессов преобразования энергии и теплового, гидравлического и газодинамического расчетов энергетических машин и турбоустановок

	«студент-группа студентов»			
--	----------------------------	--	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Энергетические машины и установки

Электронные ресурсы (издания)

1. ; Лопастные насосы (центробежные и осевые) : практическое пособие.; Изд-во Акад. наук СССР, Москва; 1961; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=116433> (Электронное издание)
2. Лаптева, Н. Е.; Центробежные насосы : учебно-методическое пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239828> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Селезнев, К. П.; Теория и расчет турбокомпрессоров : Учеб. пособие.; Машиностроение, Ленинград; 1986 (22 экз.)
2. Локалов, Г. А., Аронсон, К. Э.; Осевые и центробежные насосы тепловых электрических станций : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.03 - Энергетическое машиностроение ; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2016 (5 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. Ревзин, Б.С., Ревзин, Б. С.; Энергетические газотурбинные установки стационарного типа : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2010 (5 экз.)
5. Ревзин, Б. С.; Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (6 экз.)
6. Ревзин, Б. С.; Осевые компрессоры газотурбинных газоперекачивающих агрегатов : учеб. пособие.; УГТУ, Екатеринбург; 2003 (2 экз.)
7. Ревзин, Б. С.; Осевые компрессоры газотурбинных газоперекачивающих агрегатов : Учеб. пособие.; УГТУ, Екатеринбург; 2000 (29 экз.)
8. Култышев, А. Ю., Голошумова, В. Н., Вульф, Е. Э.; Парогазовые установки тепловых электрических станций : учебное пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2010 (15 экз.)
9. Данилов, Н. И., Щелоков, Я. М., Данилов, Н. И.; Основы энергосбережения : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности 030500.19 - Проф. обучение (электроэнергетика, электротехника и электротехнологии.; [УГТУ-УПИ], Екатеринбург; 2005 (17 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. eLibrary ООО Научная электронная библиотека. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
2. Блинов В.Л. Электронный научный архив УрФУ: Энергетические машины и установки : учебное пособие (urfu.ru) <https://elar.urfu.ru/handle/10995/94360>

3. Цифровой двойник ГТУ и ЦБК, Блинов В.Л, Комаров О.В., Богданец С.В. Курс: Цифровой двойник газотурбинной установки и центробежного компрессора в современной системе транспорта газа и электроэнергетике (urfu.ru) <https://exam1.urfu.ru/enrol/index.php?id=893>

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

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>
2. Интернет-ресурсы: www.power-m.ru/; www.utz.ru/; www.turboatom.com.ua/; <https://www.reph.ru/>; <https://vti.ru/>; <http://ckti.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Энергетические машины и установки

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	Не используется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не используется
3	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного	Не используется

		процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	
4	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>	Не используется
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