

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

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1156575	Профессиональный «Газотурбинные установки ГКС»

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций 2. Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций	<b>Код ОП</b> 1. 13.03.02/33.02 2. 13.03.03/33.02
<b>Направление подготовки</b> 1. Электроэнергетика и электротехника; 2. Энергетическое машиностроение	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 13.03.02; 2. 13.03.03

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бородин Михаил Юрьевич	к.т.н., доцент	доцент	Электропривод и автоматизация промышленных установок
2	Калинин Илья Александрович	Без степени, без звания	Преподаватель	Турбины и двигатели
3	Кистойчев Александр Владимирович	к.т.н., доцент	доцент	Турбины и двигатели
4	Королев Владимир Николаевич	д.т.н., профессор	профессор	Теплоэнергетики и теплотехники
5	Неволин Александр Михайлович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	турбин и двигателей
6	Островская Анна Валентиновна	к.т.н., доцент	доцент	Теплоэнергетики и теплотехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Профессиональный «Газотурбинные установки ГКС»

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Освоение модуля «Профессиональный «Газотурбинные установки ГКС»» направлено на формирование у студентов системы теоретических знаний и понимания устройства и принципов работы основных элементов технологических установок и сопутствующего оборудования, используемого на компрессорных станциях магистральных газопроводов и других объектах газотранспортных предприятий, а также овладения методами обработки электронной текстовой, табличной и графической информации. В модуль входят дисциплины «Автоматизация инженерной деятельности», «Механика жидкости и газа», «Теория турбомашин», «Тепломассообмен», «Термодинамика», «Электротехника и электроника»

## 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	Тепломассообмен	4
2	Автоматизация инженерной деятельности	3
3	Электротехника и электроника	8
4	Механика жидкости и газа	8
5	Термодинамика	5
6	Теория турбомашин	7
ИТОГО по модулю:		35

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Инженерный
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Специальный "Газотурбинные установки газокompрессорных станций"

## 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
Автоматизация инженерной деятельности	<p>ПК-3 - Способен применять современные достижения науки и передовых технологий на производстве, осваивать новое оборудование и инновационные технологии</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-1 - Характеризовать основы моделирования процессов гидрогазодинамики</p> <p>П-1 - Иметь навыки создания численной модели теплогидравлического процесса</p>
	<p>ПК-3 - Способен применять современные достижения науки и передовых технологий в газовой отрасли</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-1 - Характеризовать основы моделирования процессов гидрогазодинамики</p> <p>П-1 - Иметь навыки создания численной модели теплогидравлического процесса</p>
	<p>ПК-5 - Способен демонстрировать умение пользоваться компьютерными программами для оформления графической и текстовой технической документации в соответствии с требованиями стандартов. Применять методы графического представления объектов, схем и систем профессиональной деятельность</p>	<p>З-1 - Перечислить назначения основных инженерных программных продуктов, (работа с электронными чертежами и трехмерными моделями)</p> <p>У-1 - Создавать и редактировать текстовые и табличные электронные документы</p> <p>У-2 - Обрабатывать и анализировать экспериментальные данные средствами MS Excel</p> <p>У-3 - Создавать и редактировать электронные плоскостные чертежи и объемные модели деталей и узлов (работа в AutodeskAutoCAD, AutodeskInventor)</p>

	<b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b>	П-1 - Иметь навыки опыта обработки электронной текстовой, табличной и графической информации
	ПК-5 - Способен пользоваться компьютерными программами для оформления графической и текстовой технической документации в соответствии с требованиями стандартов. Применять методы графического представления объектов, схем и систем профессиональной деятельности <b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b>	З-1 - Перечислить назначения основных инженерных программных продуктов, (работа с электронными чертежами и трехмерными моделями) У-1 - Создавать и редактировать текстовые и табличные электронные документы У-2 - Обрабатывать и анализировать экспериментальные данные средствами MS Excel У-3 - Создавать и редактировать электронные плоскостные чертежи и объемные модели деталей и узлов (работа в AutodeskAutoCAD, AutodeskInventor) П-1 - Иметь навыки опыта обработки электронной текстовой, табличной и графической информации
Механика жидкости и газа	ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустаново <b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b>	З-1 - Сформулировать базовые понятия и терминологию механики жидкости и газа У-1 - Объяснять сущность физических процессов, происходящих в газотурбинных установках и вспомогательном оборудовании энергоустановок У-2 - Решать типовые гидродинамические задачи применительно к различным элементам энергоустановок П-1 - Пользоваться методиками выбора и расчета оборудования и его характеристик по заданным параметрам
	ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустановок	З-1 - Сформулировать базовые понятия и терминологию механики жидкости и газа У-1 - Объяснять сущность физических процессов, происходящих в газотурбинных установках и вспомогательном оборудовании энергоустановок

	<b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b>	<p>У-2 - Решать типовые гидродинамические задачи применительно к различным элементам энергоустановок</p> <p>П-1 - Пользоваться методиками выбора и расчета оборудования и его характеристик по заданным параметрам</p>
Теория турбомашин	<p>ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустановок</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-2 - Изложить физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в турбоустановках и течения в проточной части турбины</p> <p>У-3 - Проводить различные расчеты элементов конструкций с применением справочной литературы</p> <p>П-1 - Пользоваться методиками выбора и расчета оборудования и его характеристик по заданным параметрам</p>
	<p>ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустановок</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-2 - Изложить физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в турбоустановках и течения в проточной части турбины</p> <p>У-3 - Проводить различные расчеты элементов конструкций с применением справочной литературы</p> <p>П-1 - Пользоваться методиками выбора и расчета оборудования и его характеристик по заданным параметрам</p>
Тепломассообмен	<p>ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустановок</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-3 - Изложить методы теплового расчета и теплового баланса различных энергоустановок</p> <p>З-4 - Демонстрировать знание основных физических свойств жидкостей и газов</p> <p>З-5 - Сформулировать законы переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам</p> <p>У-4 - Рассчитывать передаваемые тепловые потоки и температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций энергоустановок</p>

		<p>П-2 - Пользоваться навыками основ расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплоэнергетического оборудования с применением справочной литературы</p>
	<p>ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустановок</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-3 - Изложить методы теплового расчета и теплового баланса различных энергоустановок</p> <p>З-4 - Демонстрировать знание основных физических свойств жидкостей и газов</p> <p>З-5 - Сформулировать законы переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам</p> <p>У-4 - Рассчитывать передаваемые тепловые потоки и температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций энергоустановок</p> <p>П-2 - Пользоваться навыками основ расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплоэнергетического оборудования с применением справочной литературы</p>
Термодинамика	<p>ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустановок</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-6 - Изложить физические основы и математические модели теплового расчета энергетических турбомашин и энергетических турбоустановок</p> <p>З-7 - Сформулировать законы термодинамики, основные закономерности термодинамических процессов в энергетических установках</p> <p>П-3 - Демонстрировать навыки теплотехнических, термодинамических и гидравлических расчетов с применением справочной литературы</p> <p>П-4 - Использовать основные методы измерений, обработки результатов и оценки погрешностей численных расчетов и экспериментальных измерений</p>
	<p>ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к</p>	<p>З-6 - Изложить физические основы и математические модели теплового расчета энергетических турбомашин и энергетических турбоустановок</p> <p>З-7 - Сформулировать законы термодинамики, основные закономерности</p>

	<p>различным элементам энергоустановок</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>термодинамических процессов в энергетических установках</p> <p>П-3 - Демонстрировать навыки теплотехнических, термодинамических и гидравлических расчетов с применением справочной литературы</p> <p>П-4 - Использовать основные методы измерений, обработки результатов и оценки погрешностей численных расчетов и экспериментальных измерений</p>
Электротехника и электроника	<p>ПК-13 - Способен производить наладку, испытания и сдачу в эксплуатацию турбоустановок и систем автоматизации ГКС</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-1 - Описать основные определения и понятия электротехники и электроники, базовые законы, физическую сущность электрических и магнитных явлений, условное графическое и буквенное обозначение элементов электрических, магнитных и электронных цепей</p> <p>У-1 - Производить расчет основных параметров электрических, магнитных и электронных цепей, используя базовые законы электротехники и электроники</p> <p>П-1 - Использовать навыки электрических измерений и выполнения экспериментов с отдельными элементами электротехнических и электронных устройств в объектах производственно-технологической деятельности</p>
	<p>ПК-13 - Способен производить наладку, испытания и сдачу в эксплуатацию турбоустановок и систем автоматизации ГКС</p> <p><b>(Газотурбинное и электротехническое оборудование компрессорных станций)</b></p>	<p>З-1 - Описать основные определения и понятия электротехники и электроники, базовые законы, физическую сущность электрических и магнитных явлений, условное графическое и буквенное обозначение элементов электрических, магнитных и электронных цепей</p> <p>У-1 - Производить расчет основных параметров электрических, магнитных и электронных цепей, используя базовые законы электротехники и электроники</p> <p>П-1 - Использовать навыки электрических измерений и выполнения экспериментов с отдельными элементами электротехнических и электронных устройств в объектах производственно-технологической деятельности</p>



### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Тепломассообмен**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Королев Владимир Николаевич	доктор технических наук, профессор	Профессор	теплоэнергетики и теплотехники

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Королев Владимир Николаевич, Профессор, теплоэнергетики и теплотехники**

## 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. Способы переноса теплоты в пространстве	
P1.T1	Перенос теплоты теплопроводностью	Перенос теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением. Процессы теплоотдачи и теплопередачи. Температурное поле. Закон Био-Фурье - основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Механизм переноса теплоты в газах, жидкостях и твердых телах. Дифференциальное уравнение теплопроводности для твердого тела. Коэффициент температуропроводности. Условия однозначности.
P2	Теплопроводность при стационарном режиме	
P2.T1	Теплопроводность и теплопередача через плоские стенки	Передача теплоты через одно-и многослойные плоские стенки при граничных условиях первого рода. Передача теплоты через одно-и многослойные плоские стенки при граничных условиях третьего рода. Коэффициент теплопередачи.

<b>P2.T2</b>	Теплопроводность и теплопередача через цилиндрические стенки	Передача теплоты через одно-и многослойные цилиндрические стенки при граничных условиях первого рода. Передача теплоты через одно-и многослойные цилиндрические стенки при граничных условиях третьего рода. Критический диаметр тепловой изоляции.
<b>P3</b>	Интенсификация процесса теплопередачи	
<b>P3.T1</b>	Способы интенсификации теплопередачи	Способы интенсификации теплопередачи. Теплопередача через ребристую стенку. Распределение температуры по длине ребра. Тепловой поток, передаваемый с поверхности ребра.
<b>P4</b>	Теплопроводность при нестационарном режиме	
<b>P4.T1</b>	Теплопроводность при нагревании (охлаждении) тел	Виды нестационарных процессов. Теплопроводность тонкой пластины при граничных условиях третьего рода. Определение количества теплоты, отдаваемого телом в процессе нестационарной теплопроводности. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров. Регулярный тепловой режим
<b>P5</b>	Конвективный теплообмен	
<b>P5.T1</b>	Основные положения конвективного теплообмена	Виды движения жидкости. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена к безразмерному виду. Безразмерные числа Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Пекле. Определяющий геометрический размер и определяющая температура. Теоремы подобия.
<b>P5.T2</b>	Теплоотдача при вынужденном режиме движения жидкости вдоль плоской поверхности.	Определение границ ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Интегральное уравнение теплового потока. Расчет теплоотдачи при турбулентном пограничном слое на основе гидродинамической теории теплообмена.
<b>P5.T3</b>	Теплоотдача при вынужденном ламинарном и турбулентном режиме течения жидкости в трубе	Особенности течения и теплообмена в трубах. Ламинарный и турбулентный режим. Тепловая и гидродинамическая стабилизация. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режим течения. Расчетные уравнения.
<b>P5.T4</b>	Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы и пучка труб	Картина обтекания одиночной трубы набегающим потоком жидкости. Режимы движения жидкости в пучке труб. Расчетные формулы для определения среднего коэффициента теплоотдачи пучка труб.
<b>P5.T5</b>	Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном и ограниченном пространстве	Расчет теплоотдачи при свободном движении жидкости вдоль вертикальной стенки в неограниченном пространстве. Теплоотдача при движении жидкости вблизи горизонтально расположенной трубы. Расчет теплоотдачи при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.
<b>P6</b>	Теплообмен при фазовых превращениях	

<b>P6.T1</b>	Теплоотдача при конденсации водяного пара на вертикальной поверхности и горизонтально расположенных трубах	Пленочная и капельная конденсация. Теплоотдача при конденсации сухого насыщенного пара на вертикальной поверхности при ламинарном режиме течения пленки конденсата. Теплоотдача при конденсации пара на горизонтальной трубе и пучках труб. Факторы, влияющие на теплообмен при конденсации
<b>P6.T2</b>	Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме	Режимы кипения. Условия, необходимые для возникновения процесса кипения. Расчетные формулы коэффициента теплоотдачи при пузырьковом режиме кипения.
<b>P7</b>	Теплообмен излучением	
<b>P7.T1</b>	Основные понятия	Разновидности полусферического излучения. Связь эффективного и результирующего излучения. Законы теплового излучения.
<b>P7.T2</b>	Теплообмен излучением между телом и его оболочкой	Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из двух серых тел. Приведенная степень черноты. Средний угловой коэффициент излучения. Частные случаи. Сложный теплообмен.
<b>P8</b>	Теплообменные аппараты	
<b>P8. T1</b>	Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата	Виды теплообменных аппаратов. Основные положения теплового расчета. Уравнение теплового баланса. Уравнение теплопередачи. Среднеинтегральный температурный напор.

### 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	Технология самостоятельной работы	ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустановки	3-4 - Демонстрировать знание основных физических свойств жидкостей и газов

### 1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тепломассообмен

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Стоянов, Н. И.; Теоретические основы теплотехники: техническая термодинамика и тепломассообмен : учебное пособие.; Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), Ставрополь; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457750> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Королев, В. Н.; Тепломассообмен : учеб. пособие.; [УГТУ-УПИ], Екатеринбург; 2006 (69 экз.)
2. Сапожников, Б. Г., Белоусов, В. С.; Тепломассообмен : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (19 экз.)
3. Цветков, Ф. Ф., Григорьев, Б. Ф.; Тепломассообмен : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по энергет. специальностям.; Издательство МЭИ, Москва; 2005 (50 экз.)
4. Королев, В. Н.; Тепломассообмен : учебное пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2013 (11 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. «Информационный триптих теплофизических свойств веществ» - информационно-аналитическая система для хранения и распространения библиографических и численных данных о теплофизических свойствах веществ [www.thermophysics.ru/triptych](http://www.thermophysics.ru/triptych)
2. Информационная система по теплоснабжению [www.rosteplo.ru](http://www.rosteplo.ru)
3. Королев В.Н., Красных В.Ю. Тепломассообмен. Основные формулы, задачи и способы их решения [Электронный ресурс] [http://study.urfu.ru/view/aid\\_view.aspx?AidId=11407](http://study.urfu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=11407)

#### 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

сайт библиотеки <http://lib.urfu.ru/>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тепломассообмен

#### 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
-------	--------------	---	---

1	Лекции	<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>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</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>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не используется
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</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> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного</p>	Не используется

		процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	
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
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</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>



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Автоматизация инженерной деятельности**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Неволин Александр Михайлович	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:

- **Неволин Александр Михайлович, 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	Обработка текстовой и табличной информации	
P1. T1	Обработка текстовой информации в MS Word	Приемы редактирования и форматирования текста. Работа со списками. Стилиевое форматирование документа. Вставка объектов в текстовый документ.
P1. T2	Обработка табличной информации в MS Excel	Вычисления в Excel с использованием математических, статистических и логических функций. Итеративные вычисления в Excel. Построение графиков и диаграмм. Использование графиков для анализа данных
P2	Создание и редактирование электронных чертежей деталей и узлов в Autodesk AutoCAD	
P2. T1	Построение и редактирование чертежа	Выполнения электронного чертежа на основании построения графических примитивов, приемы редактирования построений. Работа со слоями
P2. T2	Размеры и допуски	Проставление и редактирование размеров. Проставление допусков размеров и допусков формы.
P2. T3	Использование блоков для построения чертежа	Создание и редактирование блоков AutoCAD. Динамические блоки.
P3	Создание и редактирование электронных трехмерных	

	моделей деталей и узлов в Autodesk Inventor	
<b>Р3. Т1</b>	Построение модели твердотельной детали	Приемы построения и редактирования трехмерных твердотельных моделей деталей. Использование поверхностей для построения тонкостенной детали. Визуализация модели.
<b>Р3. Т2</b>	Построение модели узла	Приемы построения и редактирования трехмерных твердотельных моделей деталей. Анимация движения деталей узла и сборки/разборки модели.
<b>Р3. Т3</b>	Составление чертежа на основании трехмерной модели	Приемы составления чертежа на основании трехмерной модели, проставление размеров и допусков, заполнение реквизитов чертежа.
<b>Р4</b>	Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в CD-adapco STAR-CCM+	
<b>Р4. Т1</b>	Создание геометрии модели	Использование 3D-CAD. Импорт геометрии из сторонних CAD систем. Приемы обработки поверхностей модели.
<b>Р4. Т2</b>	Создание сеточной модели	Приемы создания и параметры настройки поверхностной и объемной сетки модели. Проверка качества и оптимизация расчетной сетки. Двухмерная постановка задачи.
<b>Р4. Т3</b>	Задание начальных и граничных условий модели	Настройка теплофизических параметров среды. Задание начальных и граничных условий.
<b>Р4. Т4</b>	Обработка и анализ полученных результатов	Приемы визуализации результатов расчета: построение векторных и скалярных полей распределения величин, линий тока, графиков. Экспорт числовой информации. Анимация результатов
<b>Р4. Т5</b>	Моделирование течений несжимаемых сред	Моделирование течения несжимаемой среды в канале
<b>Р4. Т6</b>	Моделирование течений сжимаемых сред	Моделирование обтекания крылового профиля
<b>Р4. Т7</b>	Нестационарная постановка задачи	Моделирование поперечного обтекания цилиндра в нестационарной постановке. Дорожка Кармана.
<b>Р4. Т8</b>	Моделирование процессов теплообмена	Моделирование процесса естественной конвекции в кольцевом канале

### 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	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен применять современные достижения науки	З-1 - Характеризовать основы моделирования

ценностей			и передовых технологий в газовой отрасли	процессов гидрогазодинамик и
-----------	--	--	--	------------------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Автоматизация инженерной деятельности

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Полищук, А. В.; AutoCad 2002 : практическое руководство.; Диалог-МИФИ, Москва; 2003; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=54767> (Электронное издание)
2. Тульев, В. Н.; AutoCAD 2010. От простого к сложному. Пошаговый самоучитель : практическое пособие.; СОЛОН-ПРЕСС, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227183> (Электронное издание)
3. Спиридонов, О. В.; Работа в Microsoft Excel 2010: курс : учебное пособие.; Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234809> (Электронное издание)
4. Пузанкова, , А. Б.; Геометрическое моделирование в среде КОМПАС-3D : учебное пособие.; Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, Самара; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/111694.html> (Электронное издание)
5. Селезнев, В. Е.; Основы численного моделирования магистральных трубопроводов : монография.; Директ-Медиа, Москва, Берлин; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260664> (Электронное издание)
6. Башкин, В. А.; Численное моделирование динамики вязкого совершенного газа : монография.; Физматлит, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457420> (Электронное издание)
7. Поддаева, , О. И.; Методы экспериментального и численного моделирования : учебно-методическое пособие.; МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, Москва; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/101852.html> (Электронное издание)
8. Басов, , К. А.; ANSYS : справочник пользователя.; Профобразование, Саратов; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/87978.html> (Электронное издание)
9. Басов, , К. А.; Графический интерфейс комплекса ANSYS; Профобразование, Саратов; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/87991.html> (Электронное издание)
10. Персова, М. Г.; Методы конечноэлементного анализа: конспект лекций : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575598> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. , Симонович, С. В.; Информатика. Базовый курс : Учеб. пособие для студентов вузов.; Питер, Санкт-Петербург; 2001 (12 экз.)
2. Додж, М., Широков, В.; Эффективная работа с Microsoft Excel 2000; Питер, Санкт-Петербург; 2001 (3 экз.)
3. Левицкий, В. С.; Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : Учебник для вузов.; Высшая школа, Москва; 2001 (8 экз.)

4. Понетаева, Н. Х., Нестерова, Т. В.; Практический курс Autodesk INVENTOR 2008 : [практикум].; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (50 экз.)
5. Концевич, В. Г.; Твердотельное моделирование в Autodesk Inventor; ДМК Пресс : Диа-Софт, Москва ; Санкт-Петербург ; Киев; 2008 (16 экз.)
6. Левковец, Левковец Л., Тарасенков, Тарасенков П.; Autodesk Inventor. Базовый курс на примерах; БХВ-Петербург, Санкт-Петербург; 2008 (15 экз.)
7. Лукинских, С. В., Лукинских, С. В.; Проектирование изделий в SolidWorks : учеб. пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (10 экз.)
8. Огородникова, О. М., Берестова, С. А.; Компьютерные методы вычислений : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (16 экз.)
9. Лукинских, С. В., Кугаевский, С. С.; Компьютерное моделирование и инженерный анализ в конструкторско-технологической подготовке производства : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.05, 15.04.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (15 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. [www.OpenGOST.ru](http://www.OpenGOST.ru)
2. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru>

#### **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. <http://fero.i-exam.ru/> - Федеральный Интернет-экзамен в сфере профессионального образования (тестирование)
2. [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)
3. [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
4. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Автоматизация инженерной деятельности**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лабораторные 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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</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>
2	Консультации	<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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</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	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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</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>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>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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</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>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Электротехника и электроника**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бородин Михаил Юрьевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	электропривода и автоматизации промышленных установок

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Бородин Михаил Юрьевич, Доцент, электропривода и автоматизации промышленных установок**

## 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	Электрические и магнитные цепи	<p>Основные определения, топологические параметры. Условные графические обозначения электротехнических устройств постоянного тока. Элементы электрических цепей. Источники и приемники электрической энергии. Законы Ома и Кирхгофа. Схемы замещения электротехнических устройств постоянного тока. Резистивные элементы, источники ЭДС и тока, их свойства и характеристики. Топологические понятия теории электрических цепей. Неразветвленные и разветвленные электрические цепи с одним источником электрической энергии. Условные положительные направления электрических величин на схемах электрических цепей. Энергетические соотношения в электрических цепях.</p> <p>Методы расчета электрических цепей. Анализ электрического состояния неразветвленных и разветвленных электрических цепей с несколькими источниками электрической энергии путем применения законов Кирхгофа, метода эквивалентных преобразований, методов контурных токов, междуузловое напряжения, эквивалентного активного двухполюсника.</p> <p>Анализ и расчет линейных цепей переменного тока. Способы представления электрических величин - синусоидальных функций: временными диаграммами, векторами, комплексными числами. Основные параметры, характеризующие синусоидальную функцию.</p>

		<p>Однофазные цепи. Источники синусоидальной ЭДС. Приемники электрической энергии. Резисторы, индуктивные катушки, конденсаторы. Условные графические обозначения электротехнических цепей переменного тока. Элементы схем замещения: резистивный, индуктивный, емкостный. Уравнения электрического состояния цепи с последовательным соединением элементов. Активное, реактивное и полное сопротивление двухполюсника. Векторные диаграммы на комплексной плоскости. Фазовые соотношения между токами и напряжениями. Параллельное соединение элементов. Уравнения электрического состояния, векторные диаграммы на комплексной плоскости. Фазовые соотношения между токами и напряжениями. Резонансные явления, условия возникновения и практическое применение. Активная, реактивная и полная мощности. Коэффициент мощности. Техничко-экономическое значение повышения коэффициента мощности и способы компенсации реактивной мощности.</p> <p>Трехфазные цепи. Способы соединения фаз трехфазного источника питания. Трехпроводная и четырехпроводная цепи. Фазное и линейное напряжения. Условно-положительное направление электрических величин в трехфазной цепи. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь. Симметричные режимы трехфазной цепи. Соединения элементов трехфазной цепи звездой и треугольником. Соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами при симметричных нагрузках. Мощность трехфазной цепи.</p> <p>Анализ и расчет цепей с нелинейными элементами. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов. Управляемые нелинейные элементы. Анализ нелинейных цепей постоянного тока.</p> <p>Анализ и расчет магнитных цепей. Электромагнитные устройства и их применение. Ферромагнитные материалы и их характеристики. Магнитные цепи постоянных магнитных потоков. Применение закона полного тока для анализа магнитной цепи. Магнитные цепи с воздушным зазором в магнитопроводе. Схемы замещения магнитных цепей. Аналогия методов электрических и магнитных цепей. Магнитные цепи переменных магнитных потоков. Анализ электромагнитного состояния катушки с магнитопроводом. Уравнение электрического состояния, вольт-амперная характеристика, векторная диаграмма, схема замещения катушки. Изменение индуктивного сопротивления катушки при изменении воздушного зазора магнитопровода.</p>
P2	Электрические машины	<p>Трансформаторы. Назначение и области применения трансформаторов. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора. Режимы работы. Уравнения электрического и магнитного состояния, векторная диаграмма трансформатора, схема замещения. Потери энергии в трансформаторе. Система охлаждения. Внешние характеристики. Паспортные данные трансформаторов.</p>

		<p>Устройство, принцип действия и области применения трехфазных трансформаторов. Устройство, принцип действия и области применения автотрансформаторов.</p> <p>Машины постоянного тока. Устройство и принцип действия, режимы генератора и двигателя. Понятие об искрении на коллекторе. Формулы ЭДС обмотки якоря и электромагнитного момента. Уравнения электрического состояния и схема замещения обмотки якоря. Двигатели постоянного тока. Способы возбуждения. Пуск двигателя. Механические и рабочие характеристики. Регулирование частоты вращения. Паспортные данные двигателей постоянного тока. Понятие о генераторах постоянного тока.</p> <p>Асинхронные машины. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Уравнения электрического состояния цепей обмоток статора и ротора. Электромагнитный момент. Механические и рабочие характеристики. Паспортные данные. Пуск асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором. Регулирование частоты вращения.</p> <p>Синхронные машины. Устройство синхронной машины. Принцип действия генератора и двигателя. Уравнение электрического состояния цепи обмотки статора, схемы замещения и векторные диаграммы. Формула электромагнитного момента и угловые характеристики. Работа синхронной машины в режиме синхронного компенсатора.</p>
РЗ	Электроника	<p>Элементная база и полупроводниковые приборы. P-n переход, его свойства и характеристики. Классификация, свойства и область применения полупроводниковых диодов, полевых и биполярных транзисторов, тиристоров и микросхем.</p> <p>Источники вторичного электропитания. Основные параметры выпрямительных устройств. Однофазные и трехфазные схемы выпрямления. Управляемые выпрямители. Тиристорные регуляторы переменного напряжения. Полупроводниковые преобразователи частоты.</p> <p>Усилители электрических сигналов. Основные параметры и характеристики полупроводниковых усилителей. Схемы включения транзисторов в режиме усиления, обратные связи, операционные усилители.</p> <p>Автогенераторные устройства. Область применения и классификация автогенераторов, принципы их построения в аналоговой и цифровой технике.</p> <p>Импульсные устройства и основы цифровой техники. Особенности и преимущества передачи информации в импульсном режиме. Ключевой режим работы транзисторов. Компаратор, триггер Шмитта, мультивибраторы. Основные логические операции и элементы. Двоичные счетчики и регистры.</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	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-13 - Способен производить наладку, испытания и сдачу в эксплуатацию турбоустановок и систем автоматизации ГКС	З-1 - Описать основные определения и понятия электротехники и электроники, базовые законы, физическую сущность электрических и магнитных явлений, условное графическое и буквенное обозначение элементов электрических, магнитных и электронных цепей

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Электротехника и электроника

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Минкин, Ю. Б.; Электротехника и электроника : учебник.; ДМК Пресс, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=129904> (Электронное издание)
2. Лихачев, В. Л.; Электротехника : справочник.; СОЛОН-ПРЕСС, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117585> (Электронное издание)
3. Рекус, Г. Г.; Лабораторные работы по электротехнике и основам электроники : учебное пособие.; Директ-Медиа, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228437> (Электронное издание)
4. Рекус, Г. Г.; Основы электротехники и электроники в задачах с решениями : учебное пособие.; Директ-Медиа, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233698> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Касаткин, А. С., Немцов, М. В.; Электротехника : учеб. для студентов неэлектротехн. специальностей вузов.; Академия, Москва; 2008 (22 экз.)
2. , Кононенко, В. В.; Электротехника и электроника : учебное пособие для вузов.; Феникс, Ростов-на-Дону; 2007 (47 экз.)
3. Иванов, И. И.; Электротехника. Основные положения, примеры и задачи; Лань, Санкт-Петербург; 1999 (11 экз.)
4. Немцов, М. В.; Электротехника и электроника : Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров и магистров "Техн. науки" и направлениям подгот. дипломир. специалистов "Техника и технологии".; МЭИ, Москва; 2003 (32 экз.)
5. Лачин, В. И., Савелов, Н. С.; Электроника : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. 220200 "Автоматизация и упр.". ; Феникс, Ростов-на-Дону; 2007 (20 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Учебные и учебно–методические материалы на портале информационно-образовательных ресурсов сайта УрФУ. WEB-адрес: <http://study.urfu.ru>

### **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**

Сервер зональной научной библиотеки УрФУ. Режим доступа: <http://lib.urfu.ru/>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Электротехника и электроника**

#### **Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc LabVIEW Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Google Chrome, Mozilla Firefox

		<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>	
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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>LabVIEW</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	Лабораторные 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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>LabVIEW</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>

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
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не используется

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Механика жидкости и газа**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Калинин Илья Александрович	Без степени, без звания	Преподавате ль	Турбины и двигатели

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 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	Основные понятия	<p>Задачи курса. Механика жидкости и газа как раздел механики. Связь механики жидкости и газа с другими дисциплинами. Различие жидкостей и газов. Плотность и сжимаемость жидкости. Цели и задачи Механики жидкостей и газов.</p> <p>Понятие сплошной среды. Два метода задания движения сплошной среды. Поле скорости. Линии и трубка тока, траектория и струя. Две модели жидкой среды: вязкая и идеальная. Силы, действующие в жидкости. Массовые силы, их примеры. Поверхностные силы, примеры поверхностных сил. Тензор напряжений. Касательные и нормальные напряжения. Основные законы МЖГ. Закон сохранения массы. Закон сохранения количества движения. Закон сохранения энергии.</p>
P2	Плоское движение идеальной жидкости	<p>Плоское движение идеальной жидкости. Теорема Гельмгольца. Уравнение плоского движения идеальной жидкости. Вихревое и безвихревое движение идеальной жидкости. Потенциальное движение идеальной жидкости. Потенциал скорости. Функция тока. Гидродинамический смысл функции тока. Применение методов теории функции комплексного переменного. Простейшие потенциальные потоки. Сложение потенциальных течений. Интегральная теорема Жуковского о подъемной силе одиночного профиля. Постулат Жуковского — Чаплыгина. Теорема Жуковского о силах, приложенных к профилю решетки. Скорость распространения звука. Газодинамические функции. Характеристики в сверхзвуковом потоке.</p>

		<p>Образование и расчет скачков уплотнения Ударная поляра и диаграмма ударных поляр. Отражение и пересечение скачков. Обтекание тел сверхзвуковым потоком.</p>
<b>Р3</b>	Движения вязкой жидкости и пограничный слой	<p>Силы трения в жидкости. Закон Ньютона для силы трения. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости, их зависимость от температуры и давления. Уравнения, описывающие ламинарное движение вязкой жидкости. Критерий Рейнольдса. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости. Критическое значение числа Рейнольдса. Пульсация во времени, скорости и другие параметры в турбулентном потоке жидкости. Осреднение во времени параметров турбулентного потока жидкости. Степень турбулентности. Точные решения уравнений Навье-Стокса: сложное течение жидкости в трубе, движение шара в жидкости. Законы сопротивления. Понятие пограничного слоя. Дифференциальные уравнения пограничного слоя. Интегральные соотношения пограничного слоя. Расчет ламинарного пограничного слоя. Условные толщины пограничного слоя. Толщина вытеснения. Толщина потери импульса. Толщина потери энергии. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Универсальные профили скорости в турбулентном пограничном слое. Расчет турбулентного пограничного слоя. Модели турбулентности. Влияние продольного градиента давления на отрыв пограничного слоя. Сопротивление тел, обтекаемых вязкой жидкостью. Хорошо и плохо обтекаемые тела. Коэффициенты сопротивления тел (шар, цилиндр, произвольное тело).</p> <p>Основы гидродинамической теории смазки.</p>
<b>Р4</b>	Расчет трубопроводов	<p>Уравнение Бернулли для одномерного потока вязкой жидкости. Энергетический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для вязкой несжимаемой жидкости.</p> <p>Формулы для расчета потерь механической энергии по длине и на местных сопротивлениях. Примеры применения уравнения Бернулли.</p> <p>Установившееся ламинарное движение жидкости в цилиндрической трубе, коэффициент сопротивления, профиль скорости. Турбулентное движение жидкости в цилиндрической трубе. Формулы для коэффициента сопротивления трения в гладких и шероховатых трубах.</p> <p>Зоны сопротивления.</p> <p>Виды местных сопротивлений. Зависимость коэффициента местного сопротивления от <math>Re</math>. Истечение жидкости из отверстий и насадков различного вида. Коэффициенты сжатия, скорости и расхода, их зависимость от <math>Re</math>. Классификация трубопроводов. Примеры газовых и гидравлических сетей в турбинной установке. Основные типы задач на расчет простого трубопровода. Сопротивление и удельное сопротивление трубопровода. Особенности записи потерь механической энергии для расчета трубопровода при ламинарном режиме движения. Характеристика трубопровода. Трубопроводы с</p>

		последовательным и параллельным соединением труб. Разветвленный трубопровод. Расчет сложных гидравлических сетей.
<b>P5</b>	Аэродинамика элементов турбомашин	<p>Решетки турбомашин: прямолинейные и круговые. Геометрические характеристики турбинных и компрессорных решеток. Газодинамические характеристики турбинных решеток. Треугольники скоростей. Термодинамический процесс в ступени турбомашин. Основные задачи теории решеток лопаточных профилей. Прямая и обратная задача. Методы решения задач теории решеток на ЭВМ. Распределение скоростей и давлений по обводу профиля и в канале решетки. Пограничный слой на лопаточном профиле. Влияние шероховатости и геометрических параметров решетки на потери. Вторичные течения в решетке. Турбулизация потока при прохождении проточных частей турбин и компрессоров. Влияние турбулизации потока на характер течения рабочих тел через решетки профилей турбин компрессоров.</p> <p>Особенности пространственного течения потока рабочего тела в ступени турбомашин. Радиальное равновесие потока в межвенцовом зазоре. Понятие закрутки ступеней. Лабиринтные уплотнения. Относительный расход через щель. Коэффициенты расхода для гребней различной формы. Расчет прямого лабиринтового уплотнения.</p> <p>Течение подогретого газа. Аэродинамика горения.</p> <p>Аэродинамика выходных, переходных патрубков и выхлопных диффузоров.</p>
<b>P6</b>	Экспериментальные методы в гидроаэромеханике турбомашин	<p>Моделирование процессов и течений жидкости и газа. Метод аналогий. Физические основы измерений параметров течения: скорости, температурных, давления, расхода. Измерение мгновенных и осредненных значений параметров. Датчики, первичные и вторичные приборы. Оптические методы исследования: теневые и интерферометрические. Применение когерентного излучения. Стенды и модели для исследования проточных частей турбомашин. Проблемы дальнейшего совершенствования турбомашин методами механики жидкости и газа.</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
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и	ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические	З-1 - Сформулировать базовые понятия и

		готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустаново	терминологию механики жидкости и газа
--	--	---	--	---------------------------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Механика жидкости и газа

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Гиргидов, А. Д.; Гидравлика. Механика. Энергетика : избранные труды.; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/43943.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Гиргидов, А. Д.; Техническая механика жидкости и газа; Издательство СПбГТУ, Санкт-Петербург; 2001 (7 экз.)
2. , Куколевский, И. И., Подвидз, Л. Г.; Сборник задач по машиностроительной гидравлике : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов в обл. техники и технологии.; Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2002 (87 экз.)
3. Самойлович, Г. С.; Газодинамика : Учеб. по спец. "Турбостроение".; Машиностроение, Москва; 1990 (47 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

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

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

#### 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

сайт библиотеки <http://lib.urfu.ru/>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Механика жидкости и газа

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<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>	Google Chrome, Mozilla Firefox
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</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	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с</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>

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Google Chrome, Mozilla Firefox
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	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	Google Chrome, Mozilla Firefox
6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Google Chrome, Mozilla Firefox



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Термодинамика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Островская Анна Валентиновна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	теплоэнергетики и теплотехники

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Островская Анна Валентиновна, Доцент, теплоэнергетики и теплотехники**

## 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 вопросы термодинамики	
P1.T1	Введение	Предмет и метод термодинамики. Задачи технической термодинамики. Основные способы получения энергии. Математический аппарат термодинамики.
P1.T2	Основные понятия термодинамики	Термодинамическая система. Открытые и закрытые системы. Классификация термодинамических систем. Параметры состояния. Основные термодинамические параметры. Термодинамическое равновесие. Первый (основной) постулат термодинамики.
P1.T3	Термодинамическое состояние и термодинамический процесс	Уравнение состояния. Диаграммы состояний. Примеры уравнений состояний (идеального газа, Ван-дер-Ваальса). Смеси идеальных газов. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы. Циклы.
P1.T4	Внутренняя энергия, работа, теплота, теплоемкость	Внутренняя энергия – определение, свойства. Удельная внутренняя энергия. Работа. Удельная работа. Графическое представление работы. Работа цикла. Внешняя работа. Энтальпия.

		<p>Теплота. Энтропия как обобщенная координата. Удельная теплота. Графическое представление теплоты. Диаграмма T-S. Теплота цикла.</p> <p>Теплоемкость. Полная и удельная теплоемкость (массовая, объемная, мольная). Факторы, влияющие на теплоемкость. Понятие о классической и квантовой теориях теплоемкости. Расчет количества теплоты при переменной теплоемкости (табличный и аналитический способы). Теплоемкость газовых смесей.</p>
<b>P1.T5</b>	Законы термодинамики	<p>Первый закон термодинамики. Математическое выражение первого закона термодинамики. Следствие из первого закона термодинамики. Понятие о вечном двигателе первого рода.</p> <p>Второй закон термодинамики. Принципиальная схема теплового двигателя. Различные формулировки второго закона термодинамики (Томсона, Клаузиуса, Каратеодори). Понятие о вечном двигателе второго рода. Математическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Энтропия – функция состояния системы. Принцип возрастания энтропии</p>
<b>P1.T6</b>	Основные термодинамические процессы	<p>Политропный процесс. Политропный процесс идеального газа. Уравнение политропного процесса. Способы определения показателя политропы. Работа расширения и внешняя работа политропного процесса. Теплоемкость и количество теплоты политропного процесса. Частные случаи политропного процесса (адиабатный, изотермический, изобарный, изохорный). Обобщающее значение политропного процесса.</p>
<b>P1.T7</b>	Свойства реальных рабочих веществ (водяной пар)	<p>Термодинамика фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Условия фазового равновесия на примере системы «жидкость – пар». Термодинамические свойства воды и водяного пара. Анализ процессов в p-V, T-S, h-S диаграммах. Основные термодинамические процессы воды и водяного пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. Расчет параметров влажного пара. Расчет процессов при помощи таблиц и диаграмм.</p>
<b>P1.T8</b>	Термодинамика потока.	<p>Основные законы для потока вещества. Скорость звука. Число Маха. Режимы течения.</p> <p>Принцип обращения воздействия. Сопло и диффузор. Типы сопел. Термодинамика геометрического сопла. Истечение идеального газа из суживающегося сопла и сопла Лавала. Расчет процесса истечения реальных газов (водяного пара).</p> <p>Дросселирование. Температура инверсии.</p>

<b>P2</b>	Циклы теплосиловых и холодильных установок	
<b>P2.T1</b>	Прямые циклы	Принципиальная схема теплового двигателя. Первый и второй закон термодинамики для циклов тепловых двигателей. Термический КПД цикла. Выражение термического КПД через среднеинтегральные температуры. Факторы, влияющие на термический КПД. КПД реальных циклов. Внутренний относительный и эффективный КПД. Классификация циклов тепловых двигателей (по свойствам рабочего тела).
<b>P2.T2</b>	Газовые циклы	Термодинамический анализ работы компрессора. Многоступенчатое сжатие. Оптимальное распределение отношений давлений по ступеням.  Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). ДВС с изохорным, изобарным и смешанным подводом тепла. Термический КПД циклов. Сравнение циклов в T-S диаграммах.  Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Принципиальная схема и цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении. Термический КПД идеального цикла ГТУ и способы его повышения.
<b>P2.T3</b>	Циклы паротурбинных установок	Цикл Карно в области влажного пара и сложности его осуществления.  Цикл Ренкина – цикл паротурбинной установки (ПТУ). Принципиальная схема и изображение теоретического цикла ПТУ в p-V, T-S, h-S диаграммах. Расчет цикла Ренкина при помощи таблиц и диаграмм воды и водяного пара. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла.  Промежуточный перегрев пара и причины его применения. Цикл Ренкина с регенерацией теплоты. Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на ТЭЦ. Теплофикационные циклы с отбором пара и противодавлением
<b>P2.T4</b>	Бинарные циклы	Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела в циклах ПТУ. Парогазовые циклы.
<b>P2.T5</b>	Обратные циклы	Принципиальная схема холодильной установки. Первый и второй законы термодинамики применительно к обратным циклам. Холодильный коэффициент. Выражение холодильного коэффициента через среднеинтегральные температуры. Обратный цикл Карно.
<b>P2.T6</b>	Циклы холодильных установок	Принципиальная схема и цикл воздушной холодильной установки.  Цикл парокомпрессорной холодильной установки.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Формирование социально-значимых ценностей	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустаново	З-7 - Сформулировать законы термодинамики, основные закономерности термодинамических процессов в энергетических установках

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Термодинамика

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Зеленцов, Д. В.; Техническая термодинамика : учебное пособие.; Самарский государственный архитектурно-строительный университет, Самара; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143845> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Королев, В. Н.; Техническая термодинамика : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001 (68 экз.)
2. , Островская, А. В., Толмачев, Е. М., Белоусов, В. С., Нейская, С. А., Сапожников, Б. Г.; Техническая термодинамика : учебное пособие [в 2 частях]. Ч. 1. ; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (44 экз.)
3. , Сапожников, Б. Г., Островская, А. В., Толмачев, Е. М., Белоусов, В. С., Нейская, С. А.; Техническая термодинамика : учебно-методическое пособие : в 2 частях. Ч. 2. ; УрФУ, Екатеринбург; 2010 (60 экз.)
4. , Архаров, А. М., Афанасьев, В. Н.; Теплотехника : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Энергомашиностроение".; Издательство МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва; 2004 (25 экз.)
5. Новиков, И. И.; Термодинамика : учеб. пособие [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2009 (20 экз.)
6. Островская, А. В. Королев В.Н.; Теоретические основы теплотехники. Техническая термодинамика : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 13.03.03 - Энергетическое машиностроение.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (15 экз.)
7. Александров, А. А.; Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 650800 "Теплоэнергетика".; МЭИ, Москва; 2004 (92 экз.)

8. Александров, А. А.; Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник : рек. Гос. службой стандартных справ. данных ГСССД Р-776-98.; Издательство МЭИ, Москва; 1999 (64 экз.)
9. Кириллин, В. А.; Техническая термодинамика : Учебник для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (27 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Информационно-справочная система WaterSteamPro

[www.thermophysics.ru/triptych](http://www.thermophysics.ru/triptych) - «Информационный триптих теплофизических свойств веществ» - информационно-аналитическая система для хранения и распространения библио-графических и численных данных о теплофизических свойствах веществ

[www.rosteplo.ru](http://www.rosteplo.ru) – информационная система по теплоснабжению.

### **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**

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

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Термодинамика**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc 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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</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	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</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>
4	Курсовая работа/ курсовой проект	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</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>Google Chrome, Mozilla Firefox</p>
5	Консультации	<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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</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>
6	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>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</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>

		Подключение к сети Интернет	
7	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadm</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>



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория турбомашин**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
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>
<b>Р3</b>	Геометрические парамет-ры ступени	
<b>Р3.Т1</b>	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>
<b>Р3.Т2</b>	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>
<b>Р3.Т3</b>	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>
<b>Р4</b>	Течение рабочего тела в каналах турбинной ступени	
<b>Р4.Т1</b>	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>
<b>Р4.Т2</b>	Расширение газа (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 <math>q</math> 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>

<b>P4.T3</b>	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.
<b>P4.T4</b>	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.
<b>P4.T5</b>	Построение процесса расширения газа (пара) в турбинной ступени в h-s диаграмме	Располагаемый теплоперепад ступени. Располагаемый и адиабатический теплоперепады ступени. Потери с выходной скоростью.
<b>P4.T6</b>	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).
<b>P5</b>	Экономичность ступени	
<b>P5.T1</b>	Относительный лопаточный КПД ступени	Определение относительного лопаточного КПД ступени Коэффициент использование энергии с выходной скорости и его влияние на относительный лопаточный КПД ступени
<b>P5.T2</b>	Характеристический коэффициент ступени	Понятие фиктивной скорости для ступени. Характеристическое отношение скоростей для ступени. Зависимость относительного лопаточного КПД от характеристики ступени, степени реактивности и коэффициентов скорости. Формула Банки. Определение максимального значения КПД и оптимального значения характеристического отношения скоростей. Оптимальные треугольники скоростей.
<b>P6</b>	Потери в турбомашинах	
<b>P6.T1</b>	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.
<b>P6.T2</b>	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.
<b>P6.T3</b>	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.
<b>P7</b>	Особые типы ступеней	

<b>P7.T1</b>	Ступени скорости	Принцип действия. Особенности процесса расширения пара. Основные характеристики. Область применения. Расчет двухвенечной ступени скорости.
<b>P7.T2</b>	Другие типы ступеней	Ступени с парциальным подводом рабочего тела. Ступени с поворотными лопатками.
<b>P8</b>	Расчет турбинной ступени по среднему диаметру	
<b>P8.T1</b>	Метод треугольников скоростей	Метод треугольников скоростей как первое приближение при расчете любых ступеней. Задаваемые и принимаемые величины. Выбор степени реактивности. Выбор отношения скоростей. Последовательность расчета: при заданном располагаемом тепलोперепаде; при заданном (принятом) значении среднего (корневого) диаметра ступени.
<b>P8.T2</b>	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.
<b>P8.T3</b>	Профили и их аэродинамические характеристики	<p>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.</p> <p>Аэродинамические характеристики решеток: коэффициент потерь энергии, коэффициент расхода, угол выхода потока. Зависимость аэродинамических характеристик от режимных и геометрических параметров.</p> <p>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.</p> <p>Определение основных размеров турбинных решеток.</p>
<b>P8.T4</b>	Усилия на лопатках	Силы, действующие на рабочие лопатки. Вращающий момент ступени. Мощность ступени. Связь окружной мощности с мощностью на лопатках и тепलोперепадом ступени.
<b>P9</b>	Расчет ступени с учетом изменения параметров потока по радиусу	
<b>P9.T1</b>	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 ; неизменность по высоте циркуляции скорости потока на выходе сопловой решетки; постоянство удельного расхода ступени с постоянными по высоте профилями решеток.

		Ступени с уменьшенным градиентом реактивности. Изменение степени реактивности и других параметров по высоте ступени.
<b>P9.T2</b>	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.
<b>P10</b>	Относительный внутренний КПД ступени	
<b>P10.T1</b>	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.
<b>P10.T2</b>	Определение относительного внутреннего КПД ступени	Связь с относительным лопаточным КПД. Зависимость от характеристического коэффициента
<b>P11</b>	Конструктивное выполнение ступеней и лопаток	
<b>P11.T1</b>	Обзор конструкций турбинных ступеней и их элементов	Конструкция рабочих лопаток. 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.
<b>P12</b>	Способы повышения эффективности ступени	
<b>P12.T1</b>	Оптимизация ступени	Выбор оптимальных характеристик ступени с учетом дополнительных потерь.  Оптимизация турбинных ступеней. Оптимизация изолированной ступени. Оптимизация промежуточной ступени активного и реактивного типа.
<b>P12.T2</b>	Современные методы проектирования	Современные методы анализа работы ступеней турбины. Перспективы автоматизированного проектирования проточных частей турбин. Меридиональное профилирование, парусные лопатки.
<b>P13</b>	Рабочий процесс многоступенчатой турбины	
<b>P13.T1</b>	Многоступенчатые турбины	Основные преимущества многоступенчатой турбины: оптимизация проточной части при срабатывании больших теплоперепадов; использование энергии выходной скорости

		предыдущей ступени в последующей; коэффициент возврата теплоты. Использование активных и реактивных ступеней.
<b>P13.T2</b>	Основные конструктивные схемы	Турбины камерного (диафрагменного) типа и реактивные турбины с ротором барабанного типа. Достоинства и недостатки каждого типа конструкции.
<b>P14</b>	Предельная мощность многоступенчатой турбины	
<b>P14.T1</b>	Понятие однопоточной турбины	<p>Мощность однопоточной турбины и пропускная способность последней ступени: основные факторы, их определяющие. Влияние давления в конденсаторе (выхлопном тракте) и потерь энергии с выходной скоростью на пропускную способность последней ступени.</p> <p>Определение размеров рабочих лопаток последней ступени. Предельная длина рабочих лопаток последней ступени, ее зависимость от частоты вращения и характеристик прочности применяемых материалов.</p>
<b>P14.T2</b>	Способы увеличения предельной мощности турбины	Многopotочные турбины; различные схемы организации потоков пара в выхлопной части паровых турбин. Применение двухъярусных ступеней (ступени Баумана). Увеличение числа выхлопов и числа ЦНД. Применение двухвальных схем. Переход на пониженную частоту вращения. Проблемы создания газовых турбин большой мощности.
<b>P15</b>	Расчет и проектирование турбомашин	
<b>P15.T1</b>	Основные этапы проектирования	<p>Предварительный расчет многоступенчатой турбины: выбор корневого диаметра, корневой степени реактивности. Определение числа ступеней и распределение теплоперепада между ними. Предварительное определение характеристик ступеней на среднем диаметре. Рабочий процесс многоступенчатой турбины. Детальный расчет ступеней проточной части цилиндра. Определение КПД и мощности ступеней и цилиндра.</p> <p>Разработка конструкции цилиндра и его элементов.</p>
<b>P15.T2</b>	Меридиональные очертания проточной части	Влияние меридионального очертания проточной части цилиндра на КПД и другие характеристики. Меридиональное профилирование проточной части цилиндра; основные варианты меридионального профиля проточной части: с постоянным корневым диаметром; с возрастающим корневым диаметром; со ступенчатым изменением корневого диаметра; с уменьшающимся корневым диаметром; с постоянным средним диаметром. Учет требований технологичности конструкции при выборе меридионального профиля проточной части цилиндра.
<b>P16</b>	Впускные и выхлопные патрубки турбин	

<b>P16.T1</b>	Конструкция патрубков	Впускные и выходные патрубки. Основные принципиальные схемы. Выхлопные патрубки газовых турбин.
<b>P16.T2</b>	Расчет и оптимизация патрубков	Процессы в выхлопных патрубках. Характеристики комплекса: последняя ступень - выхлопной патрубков. Влияние выхлопных патрубков на экономичность турбины.
<b>P17</b>	Осевые усилия и способы их уравнивания	
<b>P17.T1</b>	Осевые усилия, действующие на ротор турбины	Основные составляющие осевого усилия: осевые усилия, действующие на рабочие лопатки, на полотно диска, на выступы диафрагменных уплотнений. Расчет осевых усилий
<b>P17.T2</b>	Способы снижения и уравнивания осевых усилий	Разгрузочные отверстия в дисках; расчет давления в зазоре между диафрагмой и диском с отверстиями. Применение думмиса (разгрузочного поршня). Осевые усилия в газовых турбинах
<b>P18</b>	Уплотнения в турбинах	
<b>P18.T1</b>	Классификация уплотнений по месту установки в турбине	Уплотнения в ступени: диафрагменные, надбандажные и межвенцовые. Концевые и промежуточные уплотнения цилиндра. Лабиринтовые уплотнения - ступенчатые и прямоточные.
<b>P18.T2</b>	Теория процесса в лабиринтовых уплотнениях	Течение газа (пара) через лабиринтовое уплотнение. Процессы, происходящие в элементах уплотнения. Линия Фанно.
<b>P18.T3</b>	Расчет уплотнений	Выбор схемы системы концевых уплотнений турбины и ее расчет. Расчет утечек пара через диафрагменные и концевые уплотнения. Расчет утечек через периферийные межвенцовые и надбандажные уплотнения.
<b>P18.T4</b>	Конструкция уплотнений	Основные конструкции уплотнений, применяемые в паровых турбинах.  Система концевых уплотнений (СКУ) турбин. Основные задачи, решаемые СКУ: снижение величины утечек; уменьшение потерь от утечек; предотвращение присосов воздуха в проточную часть; предотвращение присосов масляных паров в тракт рабочего тела; предотвращение выхода пара из КУ в помещение машинного зала; охлаждение концевых участков горячих роторов, примыкающих к подшипникам; способы решения задач СКУ.
<b>P19</b>	Тепловые расширения турбин	
<b>P19.T1</b>	Установка турбины на фундаменте	Установка газовых турбин на раму.
<b>P19.T2</b>	Организация тепловых расширений турбины	Организация тепловых расширений многоцилиндровых турбин; продольные и поперечные шпонки, гибкие опоры. Фикс-пункт турбины, выбор его местоположения.
<b>P20</b>	Охлаждение газовых турбин	



<b>P20.T1</b>	Типы охлаждения	Назначение охлаждения деталей. Типа охлаждения. Эффективность охлаждения.
<b>P20.T2</b>	Потери, связанные с охлаждением	Рабочий процесс в ГТ с охлаждением деталей. Потери на прокачку охлаждающего воздуха, термодинамические потери, газодинамические потери, потери при смешении охлаждающего воздуха с основным потоком газа. Особенности расчета охлаждаемых ГТ.

### 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	Технология самостоятельной работы	ПК-6 - Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустановки	З-2 - Изложить физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в турбоустановках и течения в проточной части турбины

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; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429935> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. 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.)

2. 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. 2. ; Энергоатомиздат, Москва; 1993 (80 экз.)

3. ; Паровые и газовые турбины: Сборник задач : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (25 экз.)

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

## Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Лицензионное программное обеспечение: FlowVision - программное обеспечение газодинамических расчетов;
2. Интернет-ресурсы: [www.power-m.ru](http://www.power-m.ru); [www.utz.ru](http://www.utz.ru); [www.turboatom.com.ua](http://www.turboatom.com.ua).

### 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

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

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория турбомашин

#### Сведения об оснащенности 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 Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	ANSYS Academic Research HF 1 task Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Google Chrome, Mozilla Firefox
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc

		<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>ANSYS Academic Research HF 1 task</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	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>ANSYS Academic Research HF 1 task</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>
4	Курсовая работа/ курсовой проект	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>

5	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
6	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
7	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>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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>ANSYS Academic Research HF 1 task</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>