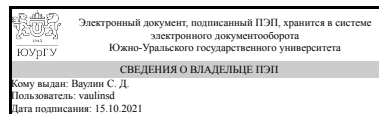


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



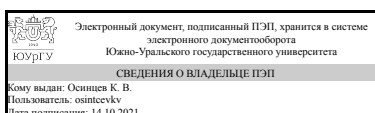
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.08 Паровые турбины тепловых электростанций  
для направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Промышленная теплоэнергетика

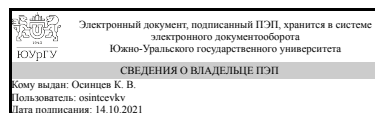
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 143

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



К. В. Осинцев

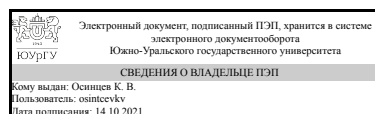
Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



К. В. Осинцев

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления  
к.техн.н., доц.



К. В. Осинцев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины состоит в ознакомлении с теоретическими основами, принципами действия и областями применения в энергохозяйствах промышленных предприятий паровых турбин, а также турбин атомных электростанций. В результате изучения дисциплины студенты должны знать характерные режимы и устройство паровых турбин, владеть навыками оценки и анализа процессов, выбирать и рассчитывать турбины; наиболее экономичные, надежные и безопасные режимы работы и регулирования.

### Краткое содержание дисциплины

1. Место и роль паровых турбин. Принцип действия, классификация. Схемы и области применения. Отечественные и зарубежные достижения в исследовании и создании паровых турбин. Основные понятия и определения терминологии. Классификация по принципу действия. 2. Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу сжатия и расширения. Основные параметры, характеризующие расширительные машины. Термодинамические процессы сжатия и расширения газов. Анализ влияния начальных условий и рода газа на работу расширения. Уравнение сохранения энергии для потока массы при сжатии и расширении. Идеальные и реальные процессы. Общая классификация основных потерь. Интерпретация процессов в диаграммах состояния. Эксергетические характеристики. Определение работы и мощности машины, понятие о КПД расширительной машины. Схемы проточных частей расширительной ступени турбомашин. Кинематика процессов, треугольники скоростей в осевой и радиальной ступенях. Активный и реактивный принципы работы. Определение окружного и осевого усилий в расширительной машине. Газодинамические основы расчета турбомашин. Уравнение Эйлера. 3. Паровые турбины. Анализ уравнения Эйлера для турбинной ступени. Активная и реактивная турбинная ступень. Особенности работы сопла с косым срезом. Сопловая и рабочая решетки. Характер изменения параметров рабочего тела в проточной части турбинной ступени. Работа и мощность турбинной ступени. Внутренние и внешние потери в проточной части турбинной ступени, их физическое толкование. Баланс энергии и структура КПД. Зависимость КПД ступени от окружной скорости лопатки к скорости истечения рабочего тела из сопла. Парциальный подвод рабочего тела степень парциальности. Турбинная ступень скорости, ее назначение, схема устройства, принцип действия. Достоинства и конструктивные особенности многоступенчатых активных и реактивных турбин. Понятие о «возврате тепла». Влияние коэффициента возврата на КПД многоступенчатой турбины. Характеристический коэффициент многоступенчатой турбины. Основы предварительного теплового расчета многоступенчатых турбин. Классификация, типы, энергетические характеристики отечественных конденсационных и теплофикационных паровых турбин. Стандартные параметры пара. Приводные турбины. Влияние внешних факторов на работу и показатели экономичности турбоустановок. 4. Переменный режим работы сопловой решетки. Работа проточной части турбины при расходах и параметрах рабочего тела, отличных от номинальных. Зависимость расходов пара от мощности турбины. Связь расходов рабочего тела с давлением по отсекам турбины. Формула Флюгеля. Парораспределение. Регулируемые и нерегулируемые отборы пара, пределы и методы регулирования. Переменный режим работы теплофикационных паровых

турбин. Диаграмма переменных режимов теплофикационной турбины с одним регулируемым отбором и конденсацией пара. 5. Турбины атомных электростанций, их сравнение с турбинами тепловых электростанций.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 способен к разработке схем размещения объектов профессиональной деятельности и их эксплуатации в соответствии с технологией производства	Знает: принцип работы паровой турбины Умеет: классифицировать паровые турбины по их назначению Имеет практический опыт: теплового расчета регулирующей ступени паровой турбины

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.Ф.10 Промышленные системы управления тепловыми процессами	1.Ф.05 Нагнетатели и теплоносители, 1.Ф.02 Тепловые электрические станции, 1.Ф.09 Источники и системы теплоснабжения в промышленной теплоэнергетике

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.Ф.10 Промышленные системы управления тепловыми процессами	Знает: способы управления системами тепловой автоматики Умеет: выбирать функциональные схемы тепловой автоматики Имеет практический опыт: разработки технологических схем управления теплотехническими процессами

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 111,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	96
Лекции (Л)	48	48
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16

Самостоятельная работа (СРС)	104,5	104,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
подготовка к экзамену	54,5	54,5
подготовка к защите курсового проекта	50	50
Консультации и промежуточная аттестация	15,5	15,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен,КП

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Место и роль паровых турбин. Принцип действия, классификация.	6	3	3	0
2	Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу сжатия и расширения.	16	6	6	4
3	Паровые турбины. Регулирующая ступень. Треугольники скоростей	18	6	6	6
4	Переменный режим работы сопловой решетки.	18	6	6	6
5	Работа проточной части турбины при расходах и параметрах рабочего тела, отличных от номинальных.	6	3	3	0
6	Принципиальные тепловые схемы	12	6	6	0
7	Построение процесса расширения пара в h-s диаграмме	8	6	2	0
8	Разработка развернутой тепловой схемы	6	6	0	0
9	Разработка спецификации к развернутой тепловой схеме	6	6	0	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1,2	1	Место и роль паровых турбин. Принцип действия, классификация.	3
2,3,4,5	2	Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу сжатия и расширения.	6
5,6,7,8	3	Паровые турбины. Регулирующая ступень. Треугольники скоростей	6
8,9,10,11	4	Переменный режим работы сопловой решетки.	6
11,12	5	Работа проточной части турбины при расходах и параметрах рабочего тела, отличных от номинальных.	3
13,14,15	6	Принципиальные тепловые схемы	6
16,17,18	7	Построение процесса расширения пара в h-s диаграмме	6
19,20,21	8	Разработка развернутой тепловой схемы	6
22,23,24	9	Разработка спецификации к развернутой тепловой схеме	6

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1,2	1	Место и роль паровых турбин. Принцип действия, классификация.	3
2-5	2	Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу	6

		сжатия и расширения.	
5-8	3	Паровые турбины. Регулирующая ступень. Треугольники скоростей	6
9-11	4	Переменный режим работы сопловой решетки.	6
11,12	5	Работа проточной части турбины при расходах и параметрах рабочего тела, отличных от номинальных.	3
13,14,15	6	Принципиальные тепловые схемы	6
16	7	Построение процесса расширения пара в h-s диаграмме	2

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1,2	2	Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу сжатия и расширения.	4
3-5	3	Паровые турбины	6
6-8	4	Переменный режим сопловой решетки	6

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
подготовка к экзамену	Устройство и действие энергетических установок. Кн. 1. Поршневые машины. Паровые турбины: учебное пособие / Сахин В.В., Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова, 2015. - 172 с. [страницы 2-120]	5	54,5
подготовка к защите курсового проекта	Устройство и действие энергетических установок. Кн. 1. Поршневые машины. Паровые турбины: учебное пособие / Сахин В.В., Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова, 2015. - 172 с. [страницы 2-34]	5	50

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	5	Текущий	Контрольное	1	6	Письменный опрос осуществляется на	экзамен

		контроль	мероприятие №1			<p>последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос -15 минут.</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	
2	5	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №2	1	6	<p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос -15 минут.</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен
3	5	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №3	1	6	<p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос -15 минут.</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен

4	5	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №4	1	6	<p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос -15 минут.</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен
5	5	Курсовая работа/проект	Контрольное мероприятие №5 (курсовой проект)	1	6	<p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос -15 минут.</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	курсовые проекты
6	5	Промежуточная аттестация	Экзамен	1	6	<p>Письменный опрос осуществляется в установленный день по графику сессии. Студенту задаются 3 вопроса из списка вопросов. Время, отведенное на опрос -45 минут.</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 6.</p>	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Контрольные мероприятия промежуточной аттестации являются обязательными. Письменный опрос осуществляется в установленный день по графику сессии. Студенту задаются 3 вопроса из списка вопросов. Время, отведенное на опрос -45 минут. Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 % Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 % Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 % Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
курсовые проекты	Контрольные мероприятия промежуточной аттестации являются обязательными. Письменный опрос осуществляется в установленный день по графику сессии. Студенту задаются 3 вопроса из списка вопросов. Время, отведенное на опрос -45 минут. Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 % Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 % Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 % Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %	В соответствии с п. 2.7 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-2	Знает: принцип работы паровой турбины	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: классифицировать паровые турбины по их назначению	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: теплового расчета регулирующей ступени паровой турбины	+	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

- Каргаполова, Н. Н. Промышленные тепловые электростанции [Текст] учеб. пособие Н. Н. Каргаполова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Пром. теплоэнергетика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2009. - 15, [1] с. электрон. версия

#### б) дополнительная литература:

- Щегляев, А. В. Паровые турбины: Теория теплового процесса и конструкции турбин Кн. 1 Учеб. для энергомашиностроит. и теплоэнерг. спец.



вузов: В 2 кн. Предисл. Б. М. Трояновского. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 383.[1] с. ил.

2. Щегляев, А. В. Паровые турбины: Теория теплового процесса и конструкции турбин Кн. 2 Учеб. для энергомашиностроит. и теплоэнерг. спец. вузов: В 2 кн. Предисл. Б. М. Трояновского. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 414,[1] с. ил.

3. Шляхин, П. Н. Краткий справочник по паротурбинным установкам. - 2-е изд., доп. - М.: Энергия, 1970. - 215 с. черт.

4. Шляхин, П. Н. Паровые и газовые турбины Учеб. для энергет. и энергостроит. техникумов. - М.; Л.: Энергия, 1966. - 264 с. ил.: 7 л. черт.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Теплоэнергетика, подшивка журналов за 2012-2015

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Паровые турбины тепловых и атомных электростанций / Осинцев К.В., Жиргалова Т.Б., Каргаполова Н.Н., 2012, Изд-во ЮУрГУ

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Паровые турбины тепловых и атомных электростанций / Осинцев К.В., Жиргалова Т.Б., Каргаполова Н.Н., 2012, Изд-во ЮУрГУ

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Костюк А.Г., Паровые и газовые турбины для электростанций. [Электронный ресурс] / Костюк А.Г., В.В. Фролов, Булкин А.Е., Трухний А.Д.. — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2016. — 557 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/72260">http://e.lanbook.com/book/72260</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Булкин А.Е., Тихоходные паровые турбины атомных электрических станций: учебное пособие. [Электронный ресурс] / Булкин А.Е., Трухний А.Д.. — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2011. — 364 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/72308">http://e.lanbook.com/book/72308</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	272a (1)	Установка по виртуальному моделированию паровых турбин и энергоблоков тепловых электростанций
Лекции	259a (1)	Компьютерный стенд по моделированию гидроаэромеханических течений в каналах