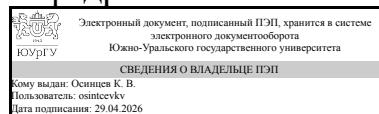


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



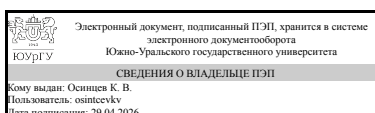
К. В. Осинцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.07 Паровые турбины тепловых электростанций
для направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Промышленная теплоэнергетика
форма обучения очная
кафедра-разработчик Промышленная теплоэнергетика

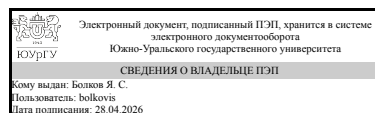
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 143

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



К. В. Осинцев

Разработчик программы,
старший преподаватель



Я. С. Болков

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-1 готов к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению и экологической безопасности на объектах профессиональной деятельности	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
Термо-, гидро-, и аэродинамические процессы в технике, Теоретические основы тепломассообмена, Теоретические основы технической термодинамики, Производственная практика (эксплуатационная) (4 семестр), Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр)	Теория автоматического управления, контроля и прогнозирования на основе нейросетевых алгоритмов, Автоматизация теплотехнологических процессов, Энергосбережение в промышленной теплоэнергетике, Нагнетатели и теплоносители, Выбор и расчет систем отопления промышленных предприятий и объектов социальной сферы, Тепловые электрические станции, Технологические энергоносители промышленных предприятий, Теплонасосные и холодильные установки, Вопросы экологии в теплоэнергетике, Промышленные печи, Источники и системы теплоснабжения в промышленной теплоэнергетике, Объекты малой энергетики, Производственная практика (проектная) (6 семестр), Производственная практика (преддипломная) (8 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Теоретические основы тепломассообмена	Знает: основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах, законы и основные физико-

	математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам; Умеет: рассчитывать количество передаваемой теплоты, рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты; Имеет практический опыт: расчета коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.
Теоретические основы технической термодинамики	Знает: способы расчета коэффициента теплопроводности лабораторных стендов. способы расчета коэффициентов теплопередачи. Умеет: рассчитывать коэффициент диффузии для лабораторного стенда; рассчитывать коэффициент теплоотдачи экспериментально; рассчитывать количество потребляемых теплоносителей. Имеет практический опыт: расчета коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. коэффициент диффузии для лабораторного стенда.
Термо-, гидро-, и аэродинамические процессы в технике	Знает: основные принципы сопротивления материалов, газогидродинамических, теплообменных процессов, свойства материалов, различных сред; Умеет: использовать полученные знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в промышленности. использовать современные САПР и специализированное программное обеспечение для задач инженерного анализа. Имеет практический опыт: навыками использования систем автоматизированного проектирования и специализированного программного обеспечения для инженерных задач. расчета аппаратов и процессов, а также методиками теоретического и экспериментального исследования в термо-, гидро- и аэродинамике.
Производственная практика (эксплуатационная) (4 семестр)	Знает: теплоэнергетическое оборудование ТЭЦ. принципы работы теплового оборудования. Умеет: проводить измерения теплотехнических параметров. Имеет практический опыт: использования справочных материалов для расчета термодинамических процессов. расчета термодинамических процессов.
Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр)	Знает: способы проектирования виртуальных лабораторных стендов с помощью

	компьютерного моделирования и программирования с применением цифровых технологий. Умеет: разрабатывать и чертить тепловые схемы, способы управления. Имеет практический опыт: выбора проектирования и компьютерного моделирования.
--	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 92,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180
<i>Аудиторные занятия:</i>	80	80
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	87,5	87,5
подготовка к экзамену	87,5	87,5
Консультации и промежуточная аттестация	12,5	12,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

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	4	2	2	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	7	Построение процесса расширения пара в h-s диаграмме	2

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 сжатия и расширения.	6
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	87,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

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 контроль	Контрольное мероприятие №1	1	10	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 30 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 1. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %	экзамен
2	5	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №2	1	10	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 30 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 1. Зачтено: рейтинг обучающегося за	экзамен

						мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %	
3	5	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №3	1	10	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 30 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 1. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %	экзамен
4	5	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №4	1	10	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 30 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 1. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %	экзамен
5	5	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	50	Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования. Тест состоит из 25 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. При	экзамен

						оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09). Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 50.	
6	5	Текущий контроль	Семестровая работа	1	10	Семестровая работа выполняется в течение семестра и сдаётся на последнем занятии перед зачётной неделей (или в срок, установленный графиком учебного процесса). Студент представляет расчёт, чертёж со схемой и письменные ответы на 4 теоретических вопроса из списка вопросов к семестровой работе. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09). Критерии оценивания: правильный ответ на теоретический вопрос – 2 балла; частично правильный ответ на теоретический вопрос – 1 балл; неправильный ответ на теоретический вопрос – 0 баллов. правильно выполненный расчёт и чертёж со схемой (в целом) – 2 балла; частично правильные расчёт и чертёж (существенные замечания, неполнота) – 1 балл; неправильные расчёт и чертёж – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. Весовой коэффициент мероприятия – 1. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 % (т.е. 6 и более баллов из 10). Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 % (менее 6 баллов из 10).	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования.	В соответствии с

	Тест состоит из 25 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179 в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09). Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 50. Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (зачет/экзамен) для улучшения своего рейтинга и получить оценку по дисциплине согласно п. 2.4 Положения о БРС (приказ ректора от 10.03.2022 г № 25-13/09). Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится для тех студентов, рейтинг которых при выполнении контрольных мероприятий в течение семестра составил менее 60%.	пп. 2.5, 2.6 Положения
--	---	---------------------------

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

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

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Шляхин П. Н. Паровые и газовые турбины : Учеб. для энергет. и энергостроит. техникумов. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М.; Л. : Энергия, 1974. - 224 с. : ил.: 6 л. черт.

б) дополнительная литература:

1. 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

Нет

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 ФГУ 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	272а (1)	Установка по виртуальному моделированию паровых турбин и энергоблоков тепловых электростанций
Лекции	259а (1)	Компьютерный стенд по моделированию гидроаэромеханических течений в каналах