

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



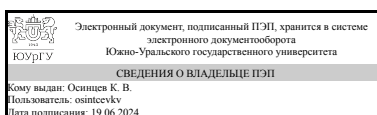
К. В. Осинцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

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

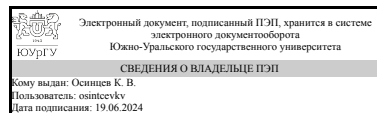
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 143

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



К. В. Осинцев

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



К. В. Осинцев

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
1.Ф.01 Введение в направление, 1.Ф.06 Парогенераторы и котельные установки промышленных предприятий и ТЭС, 1.Ф.10 Промышленные системы управления тепловыми процессами	1.Ф.05 Нагнетатели и теплоносители, 1.Ф.09 Источники и системы теплоснабжения в промышленной теплоэнергетике, 1.Ф.02 Тепловые электрические станции, 1.Ф.03 Энергосбережение в промышленной теплоэнергетике, 1.Ф.07 Теплонасосные и холодильные установки

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

Дисциплина	Требования
1.Ф.01 Введение в направление	Знает: вредные для окружающей среды вещества [1]; теплоэнергетическое оборудование ТЭЦ; способы расчета термодинамических циклов; принципы работы теплового оборудования; способы разработки проектов котельных установок; способы управления; виды промышленных печей; методы расчета нормативов по энергои ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности; методы расчета теплонасосных и холодильных установок; объекты профессиональной деятельности, а именно оборудование котельных и тепловых электрических станций Умеет: рассчитывать концентрацию вредных веществ; рассчитывать термический КПД ТЭЦ; рассчитывать работу в цикле паросиловых установок; рассчитывать теплообменное оборудование; разрабатывать и чертить тепловые схемы; способы управления; рассчитывать время

	нагрева заготовок в печи; разрабатывать мероприятия по энергo- и ресурсосбережению из экологической безопасности на объектах профессиональной деятельности; выбирать хладагент; рассчитывать тепловые схемы. Имеет практический опыт: по снижению выбросов в атмосферу; в использовании таблиц теплофизических свойств воды и водяного пара; выбора справочных данных для расчета цикла паросиловых установок; расчета насосного оборудования; выбора оборудования котельных установок; по построению нейросетевых алгоритмов; расчету режимов работы печей; по энергo- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности; в расчетах холодильного коэффициента и отопительного коэффициента; теплового расчета оборудования
1.Ф.06 Парогенераторы и котельные установки промышленных предприятий и ТЭС	Знает: способы создания схем размещения объектов профессиональной деятельности и их эксплуатации в соответствии с технологией производства; правила технологической дисциплины при эксплуатации объектов профессиональной деятельности. Умеет: рассчитывать количество размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства. рассчитывать тепловые схемы котельных. Имеет практический опыт: выбирать аналоги оборудования. выбора основного и вспомогательного оборудования котельных.
1.Ф.10 Промышленные системы управления тепловыми процессами	Знает: тепловую автоматику; способы управления системами тепловой автоматики. Умеет: выбирать системы управления. Имеет практический опыт: разработки технологических схем управления теплотехническими процессами.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 39,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		7
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216
Аудиторные занятия:	24	24
Лекции (Л)	12	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды	8	8

аудиторных занятий (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа (СРС)	176,5	176,5
подготовка к экзамену	126,5	126,5
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.	4	2	2	0
2	Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу сжатия и расширения.	8	2	2	4
3	Паровые турбины. Регулирующая ступень. Треугольники скоростей	4	2	2	0
4	Переменный режим работы сопловой решетки.	4	2	2	0
5	Работа проточной части турбины при расходах и параметрах рабочего тела, отличных от номинальных.	2	2	0	0
6	Принципиальные тепловые схемы	2	2	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол- во часов
1	1	Место и роль паровых турбин. Принцип действия, классификация.	2
2	2	Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу сжатия и расширения.	2
3	3	Паровые турбины. Регулирующая ступень. Треугольники скоростей	2
4	4	Переменный режим работы сопловой решетки.	2
5	5	Работа проточной части турбины при расходах и параметрах рабочего тела, отличных от номинальных.	2
6	6	Принципиальные тепловые схемы	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол- во часов
1	1	Место и роль паровых турбин. Принцип действия, классификация.	2
2	2	Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу сжатия и расширения.	2
3	3	Паровые турбины. Регулирующая ступень. Треугольники скоростей	2
4	4	Переменный режим работы сопловой решетки.	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

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]	7	126,5
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]	7	50

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

						соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	
2	7	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №2	1	6	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос -15 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	экзамен
3	7	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №3	1	6	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос -15 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	экзамен
4	7	Текущий контроль	Контрольное мероприятие №4	1	6	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос -15 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.	экзамен

						Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	
5	7	Курсовая работа/проект	Контрольное мероприятие №5 (курсовой проект)	-	6	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос -15 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	кур- совые проекты
6	7	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	6	Письменный опрос осуществляется в установленный день по графику сессии. Студенту задаются 3 вопроса из списка вопросов. Время, отведенное на опрос -45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	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	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	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 %	
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. 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. Костюк, А. Г. Динамика и прочность турбомашин Учеб. для вузов по специальности "Газотурбин., паротурбин. установки и двигатели" А. Г. Костюк. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2000. - 478,[1] с. ил.
2. Трухний, А. Д. Атлас конструкций деталей турбин Текст Ч. 1 Чертежи и конструкции учеб. пособие для вузов : в 2 ч. А. Д. Трухний, Б. Н. Крупенников, А. Н. Троицкий ; пер. на англ. яз. Ю. А. Зейгарника ; Моск. энерг. ин-т (техн. ун-т). - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 161, [1] с. ил. 1 отд. л.
3. Трухний, А. Д. Атлас конструкций деталей турбин Текст Ч. 2 Описания конструкций учеб. пособие для вузов : в 2 ч. А. Д. Трухний, Б. Н. Крупенников, А. Н. Троицкий ; пер. на англ. яз. Ю. А. Зейгарника. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 161, [1] с.
4. Трухний, А. Д. Стационарные паровые турбины. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 640 с. ил.
5. Трухний, А. Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки Учеб. пособие для вузов по направлению "Энергомашиностроение" и др. А. Д. Трухний, Б. В. Ломакин. - М.: Издательство МЭИ, 2002. - 539 с. ил.

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

№	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. http://e.lanbook.com/book/72260
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. http://e.lanbook.com/book/72308

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