



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУУ»)

8 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ

Директор \_\_\_\_\_ ИТЭ  
*Наименование института*

\_\_\_\_\_ С.О. Гапоненко  
«30» \_\_\_\_\_ мая 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.04.03 Турбины ТЭС и АЭС

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление  
подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
*(Код и наименование направления подготовки)*

Направленность(и) \*  
(профиль(и))

Тепловые электрические станции  
*(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)*

Квалификация

Бакалавр  
*(Бакалавр / Магистр)*

\* Наименование направленности (профиля) указывается только для дисциплин специализированного модуля 2

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
АТЭС	к.т.н.	И.В. Евгенийев

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра АТЭС	18.05.2023	Протокол № 23	Зав. каф. АТЭС, д.х.н, профессор Н.Д. Чичирова
Согласована	Учебно-методический совет института теплоэнергетики	30.05.2023	Протокол №9	Директор ИТЭ, к.т.н, доцент С.О. Гапоненко
Одобрена	Ученый совет института теплоэнергетики	30.05.2023	Протокол №9	Директор ИТЭ, к.т.н, доцент С.О. Гапоненко

## **Рецензия на рабочую программу и оценочные материалы по дисциплине «Б1.В.ДЭ.01.04.03 Турбины ТЭС и АЭС»**

Содержание РПД и ОМ соответствует требованиям федерального государственного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и учебному плану.

*(Код и наименование направления подготовки)*

РПД и ОМ соответствуют требованиям, предъявляемым к структуре, содержанию РПД и ОМ по дисциплине, а именно:

1. Перечень формируемых компетенций, которыми должен овладеть обучающийся в результате освоения дисциплины, соответствует ФГОС ВО и профстандарту, будущей профессиональной деятельности выпускника.
2. Структура и содержание дисциплины соответствует учебному плану.
3. РПД содержит информацию об учебно-методическом, информационном и материально-техническом обеспечении дисциплины; об особенностях организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов и методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.
4. Показатели и критерии оценивания компетенций в ОМ, а также шкалы оценивания обеспечивают возможность проведения всесторонней оценки результатов обучения, уровней сформированности компетенций.
5. Контрольные задания и иные материалы оценки результатов освоения разработаны на основе принципов оценивания: валидности, определенности, однозначности, надёжности, а также соответствуют требованиям к составу и взаимосвязи оценочных средств, полноте по количественному составу оценочных средств и позволяют объективно оценить результаты обучения, уровни сформированности компетенций.
6. Направленность РПД и ОМ по дисциплине соответствует целям ОП по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профстандартам.

**Заключение.** На основании проведенной экспертизы можно сделать заключение, что РПД и ОМ по дисциплине соответствует требованиям ФГОС ВО, профессионального стандарта, современным требованиям рынка труда и рекомендуются для использования в учебном процессе.

Рецензент —

Кожарин Н.Ю., начальник ПТО филиала АО «Татэнерго» Казанская ТЭЦ-1

(Фамилия ИО. место работы, должность, ученая степень) личная подпись

Дата 05.06.23

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Турбины ТЭС и АЭС» является изучение принципа действия паровых и газовых турбин, классификации турбин по ГОСТ, принципиальных тепловых схем турбоустановок, вопросов повышения экономичности тепловых циклов, преобразования энергии в турбине, конструкций, как турбинной ступени, так и турбины в целом, геометрических, аэродинамических, технико-экономических характеристик турбинных ступеней, особенностей влажно-паровых турбин АЭС, работы многоступенчатых турбин как при номинальном, так и при переменном режиме, систем парораспределения, регулирования, защиты и маслоснабжения турбин, а также теплового процесса и конструкции конденсатора турбин.

Задачами дисциплины являются: получение знаний, формирование умений и навыков, позволяющих успешно пройти итоговую государственную аттестацию.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен проводить расчеты по типовым методикам, участвовать в проектировании технологического оборудования котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций	ПК-1.1 Выполняет расчеты котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций;
	ПК-1.2 Принимает участие в разработке и оформлении проектной документации в соответствии с требованиями нормативных документов на проектную документацию котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций;
	ПК-1.3 Выбирает оборудование, трубопроводы и арматуру котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций.
ПК-2 Способен разрабатывать регламенты деятельности по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС	ПК-2.1 Принимает участие в разработке производственных инструкций

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Б1.О.18 Теоретические основы теплотехники, Б1.О.20.03 Тепловые и атомные электрические станции, Б1.О.20.05 Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях, Б1.О.20.07 Тепломассообменное оборудование предприятий, Б1.О.20.09 Автоматизация технологических процессов, Б1.О.20.06 Технологические энергоносители предприятий, Б1.О.20.04 Энергетические машины, аппараты и установки, Б1.В.ДЭ.01.04.01 Оперативная эксплуатация основного и вспомогательного турбинного оборудования ТЭС, Б2.О.01(У) Учебная практика (ознакомительная), Б2.О.02(П) Производственная практика

(практика по получению первичных профессиональных навыков), Б2.В.01(П)  
Производственная практика (технологическая).

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Б1.В.ДЭ.01.04.08  
Режимы работы и эксплуатация ТЭС, Б1.В.ДЭ.01.04.10 Наладка и ремонт  
теплоэнергетического оборудования, Б2.В.02(Пд) Производственная практика  
 (преддипломная).

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180	180
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	85	85
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,44	52	52
Лекции	0,94	34	34
Практические (семинарские) занятия	0,5	18	18
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,56	128	128
Проработка учебного материала	1,56	56	56
Курсовая работа	1	36	36
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э
			КР

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			8
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180	180
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	59	59
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,56	20	20
Лекции	0,28	10	10
Практические (семинарские) занятия	0,28	10	10
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	4,44	160	160
Проработка учебного материала	3,19	115	115
Курсовая работа	1	36	36
Подготовка к промежуточной аттестации	0,25	9	9
Промежуточная аттестация:			Э
			КР

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Турбины и турбинные установки ТЭС и АЭС	14	4		4	6		ПК-1.3 31, У1, В1; ПК-2.1 31, 32, 36
Раздел 2. Ступень турбины. Преобразование энергии в ступени	12	4		2	6		ПК-1.1 31, У2, В1 ПК-2.1 36
Раздел 3. Турбинные решётки. Определение размеров решёток в ступени	12	4		2	6		ПК-1.1 31, У2, В1 ПК-2.1 36
Раздел 4. Относительный внутренний КПД ступени	10	2		2	6	ТК1	ПК-1.1 31, У2, В1 ПК-2.1 31, 36, У1, В1
Раздел 5. Многоступенчатые турбины	10	2		2	6		ПК-1.1 31, У1, У2, В1 ПК-1.2 31, У1, В1, В2 ПК-1.3 31, У1, В1 ПК-2.1 31, 32, 33, 34, 35, 36, В1, У1, В2, В3
Раздел 6. Работа ступени и турбины при переменном режиме	14	6		2	6		ПК-2.1 31, 36, У1, В2, В3
Раздел 7. Теплофикационные турбины. Теплоснабжение от АЭС	8	2		2	4	ТК2	ПК-1.1 31, У1, У2, В1 ПК-1.2 31, У1, В1, В2 ПК-1.3 31, У1, В1 ПК-2.1 31, 32, 33, 34, 35, 36, В1, У1, В2, В3
Раздел 8. Расчёт на прочность основных элементов турбин	8	2		2	4		ПК-1.1 31, У1, У2, В1 ПК-2.1 31, 34, 35, 36, У1, В2, В3
Раздел 9. Регулирование, маслоснабжение и защита паровых турбин ТЭС и АЭС	14	6			8		ПК-2.1 31, 32, 33, 34, 35
Раздел 10. Конденсационное устройство паровой турбины	6	2			4	ТК3	ПК-1.3 31, У1, В1 ПК-2.1 31, 32, 34, 36, У1, В2, В3
Курсовая работа	36				36	<b>ОМкр</b>	ПК-1.1 31, У1, У2, В1 ПК-1.2 31, У1, В1, В2 ПК-1.3 31, У1, В1 ПК-2.1 31, 32, 33, 34, 35, 36, В1, У1, В2, В3
Экзамен	36				36	<b>ОМ 1</b>	<b>ПК-1.1 3, У, В</b> <b>ПК-1.2 3, У, В</b> <b>ПК-1.3 3, У, В</b> <b>ПК-2.1 3, У, В</b>
<b>Итого за 7 семестр</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>128</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>128</b>		

### **3.3. Содержание дисциплины**

Раздел 1. Турбины и турбинные установки ТЭС и АЭС.

Тема 1.1. Турбина - основной двигатель современной тепловой и атомной электростанции. Принцип действия паровой и газовой турбины. Конструкция паровых турбин ТЭС и АЭС. Показатели экономичности турбоустановок.

Тема 1.2. Пути повышения КПД паровой турбины. Классификация турбин ТЭС и АЭС.

Раздел 2. Ступень турбины. Преобразование энергии в ступени.

Тема 2.1. Ступень турбины. Преобразование энергии в турбинной ступени. Основные уравнения рабочего процесса турбинной ступени. Треугольник скорости. Силы, действующие на рабочие лопатки. Степень реактивности. Классификация турбинных ступеней по степени реактивности.

Тема 2.2. Мощность, работа, относительный лопаточный КПД ступени. Зависимость лопаточного КПД активной и реактивной ступени от отношения скоростей. Баланс потерь одновенечной ступени турбины. Использование энергии выходной скорости. Ступени скорости.

Раздел 3. Турбинные решётки. Определение размеров решёток в ступени.

Тема 3.1. Турбинные решетки. Характеристики турбинных решеток. Потери энергии в решетках. Коэффициенты расхода. Влияние режимных параметров на характеристики решеток.

Тема 3.2. Определение размеров решеток в ступени. Расширение потока в косом срезе решеток. Выбор профилей лопаток, угла установки, шага и других геометрических и конструктивных параметров. Изменение параметров рабочего тела в зазоре между сопловой и рабочей решетками. Необходимость изменения профилей лопаток по высоте при небольших отношениях диаметра ступени к высоте лопатки.

Раздел 4. Относительный внутренний КПД ступени.

Тема 4.1. Относительный внутренний КПД ступени. Дополнительные потери в ступени. Особенности проточной части влажнопаровых турбин АЭС. Сепарация пара в паротурбинных установках АЭС. Меры борьбы с эрозийным износом. Способы уменьшения дополнительных потерь в ступени. Влияние дополнительных потерь на значение оптимального отношения скоростей. Выбор оптимального отношения скоростей для ступеней различного типа.

Раздел 5. Многоступенчатые турбины.

Тема 5.1. Многоступенчатые турбины. Рабочий процесс в многоступенчатой турбине. Концевые уплотнения. Преимущества и недостатки многоступенчатой турбины. Влияние числа ступеней на эффективность проточной части турбины. Возврат теплоты. Распределение тепловых перепадов по ступеням. Особенности детального расчета ступеней турбины. Осевые усилия в многоступенчатой турбине. Способы уравнивания осевых усилий.

Раздел 6. Работа ступени и турбины при переменном режиме.

Тема 6.1. Работа ступени и турбины при переменном режиме. Зависимость между расходом пара и параметрами пара перед и за решеткой. Степень реактивности и КПД при изменении отношения скоростей ступени. Условия работы последней ступени конденсационной турбины при переменном давлении

за ступенью.

Тема 6.2. Работа многоступенчатой турбины при переменном режиме. Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении расхода рабочего тела, а также его параметров.

Тема 6.3. Дроссельное парораспределение. Потери дросселирования в конденсационной и противодавленческой турбинах. Сопловое парораспределение. Обводные клапаны в системах парораспределения. Изменение расхода пара через турбину методом скользящего давления. Система парораспределения паровых турбин АЭС и её элементы.

Раздел 7. Теплофикационные турбины. Теплоснабжение от АЭС.

Тема 7.1. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Экономическая эффективность при использовании турбин для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии. Турбины с противодавлением. Турбины с промежуточным отбором пара. Турбины с двумя регулируемыми отборами пара. Турбины с отопительными отборами пара при ступенчатом подогреве сетевой воды. Теплоснабжение от атомных электростанций.

Раздел 8. Расчёт на прочность основных элементов турбин.

Тема 8.1. Расчет на прочность элементов конструкции турбин. Расчет рабочих лопаток на растяжение и изгиб. Вибрационная надежность работы турбины. Критические частоты ротора. Термические напряжения в корпусах. Расчет на прочность диафрагм.

Раздел 9. Регулирование, маслоснабжение и защита паровых турбин ТЭС и АЭС.

Тема 9.1. Регулирование турбин. Задачи регулирования. Принципиальная схема и статическая характеристика регулирования. Синхронизатор. Виды систем регулирования паровых турбин ТЭС и АЭС.

Тема 9.2. Система защиты турбоагрегатов ТЭС и АЭС и её элементы.

Тема 9.3. Системы маслоснабжения паровых турбин ТЭС и АЭС и их элементы.

Раздел 10. Конденсационное устройство паровой турбины.

Тема 10.1. Схема конденсационной установки и ее элементы. Конструкции конденсаторов паровых турбин. Тепловой процесс в конденсаторе. Водяная и воздушная плотность конденсатора. Деаэрация в конденсаторах. Воздухоотсасывающие устройства.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

Раздел 1. Турбины и турбинные установки ТЭС и АЭС.

Тема 1.1. Турбины и турбинные установки ТЭС и АЭС.

Тема 1.2. Пути повышения КПД турбин.

Раздел 2. Ступень турбины. Преобразование энергии в ступени.

Тема 2.1. Ступень турбины. Преобразование энергии в ступени.

Раздел 3. Раздел 3. Турбинные решётки. Определение размеров решёток в ступени.



Тема 3.1. Турбинные решётки. Определение размеров решёток в ступени.  
 Раздел 4. Относительный внутренний КПД ступени.  
 Тема 4.1. Относительный внутренний КПД ступени.  
 Раздел 5. Многоступенчатые турбины.  
 Тема 5.1. Многоступенчатые турбины.  
 Раздел 6. Работа ступени и турбины при переменном режиме.  
 Тема 6.1. Работа ступени и турбины при переменном режиме.  
 Раздел 7. Теплофикационные турбины. Теплоснабжение от АЭС.  
 Тема 7.1. Теплофикационные турбины. Теплоснабжение от АЭС.  
 Раздел 8. Расчёт на прочность основных элементов турбин.  
 Тема 8.1. Расчёт на прочность основных элементов турбин.

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Примеры тем курсовой работы:

1. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины К-300-240.
2. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины Т-110/120-130.
3. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины ПТ-80/100-130/15.
4. Расчёт проточной части паровой турбины Р-100/105-130/13.
5. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины для АЭС К-1000-60/1500.

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.1	знать: Методику расчёта проточной части паровой турбины	Знает методику расчёта проточной части	Знает методику расчёта проточной части	Плохо знает методику расчёта проточной	Уровень знаний ниже минимальных

		паровой турбины. Не допускает ошибок	паровой турбины. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	части паровой турбины. Допускает множество мелких ошибок	требований, допускает грубые ошибки	
		уметь:				
	Определять необходимые данные для выполнения гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций.	Демонстрирует умение определять необходимые данные для выполнения гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций. Не допускает ошибок	Демонстрирует умение определять необходимые данные для выполнения гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций. Допускает ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение определять необходимые данные для выполнения гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение определять необходимые данные для выполнения гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, допускает грубые ошибки	
	Проводить расчёт проточной части паровой турбины	Демонстрирует умение проводить расчёт проточной части	Демонстрирует умение проводить расчёт проточной части	В целом демонстрирует умение проводить расчёт проточной	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное	

		паровой турбины. Не допускает ошибок	паровой турбины. Допускает ряд небольших ошибок	части паровой турбины, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	рованное умение проводить расчёт проточной части паровой турбины, допускает грубые ошибки	
		владеть:				
	Навыками расчёта проточной части паровой турбины	Продемонстрированы навыки расчёта проточной части паровой турбины, без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки расчёта проточной части паровой турбины, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков расчёта проточной части паровой турбины, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки расчёта проточной части паровой турбины, допущены грубые ошибки	
		знать:				
	Правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию	Знает правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. Не допускает ошибок	Знает правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки	
		уметь:				
	ПК-1.2					

		Оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию	Демонстрирует умение оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. Не допускает ошибок	Демонстрирует умение оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. Допускает ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию, допускает грубые ошибки
	владеть:					
		Навыками оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины	Продемонстрированы навыки оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины, без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины, допущены грубые ошибки
	знать:					
	ПК-1.3	Номенклатуру современных изделий, оборудования и материалов, а также технологии производства работ	Знает номенклатуру современных изделий, оборудования и материалов, а также	Знает номенклатуру современных изделий, оборудования и материалов, а также	Плохо знает номенклатуру современных изделий, оборудования и материалов,	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки

		технологии производства работ. Не допускает ошибок	технологии производства работ. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	а также технологии производства работ. Допускает множество мелких ошибок		
		уметь:				
	Определять необходимые данные для выбора оборудования, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций	Демонстрирует умение определять необходимые данные для выбора оборудования, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций. Не допускает ошибок	Демонстрирует умение определять необходимые данные для выбора оборудования, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций. Допускает ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение определять необходимые данные для выбора оборудования, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение определять необходимые данные для выбора оборудования, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, допускает грубые ошибки	
		владеть:				
	Навыками выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций	Продемонстрированы навыки выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических решений	Продемонстрированы базовые навыки выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических	Имеется минимальный набор навыков выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических	Не продемонстрированы базовые навыки выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических	

			котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, без ошибок и недочётов	решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, допущен ряд мелких ошибок	ческих решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, много ошибок	ческих решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, допущены грубые ошибки
ПК-2	ПК-2.1	знать:				
		Назначение, виды, принцип действия и технические данные тепломеханического оборудования	Знает назначение, виды, принцип действия и технические данные тепломеханического оборудования. Не допускает ошибок	Знает назначение, виды, принцип действия и технические данные тепломеханического оборудования. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает назначение, виды, принцип действия и технические данные тепломеханического оборудования. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки
		Технологические схемы обслуживаемых объектов	Знает технологические схемы обслуживаемых объектов. Не допускает ошибок	Знает технологические схемы обслуживаемых объектов. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает технологические схемы обслуживаемых объектов. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки
		Назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической защиты тепломеханического оборудования	Знает назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической	Знает назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической	Плохо знает назначение и принцип действия устройств автоматики и технологи	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает

			защиты тепломеханического оборудования. Не допускает ошибок	защиты тепломеханического оборудования. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	ческой защиты тепломеханического оборудования. Допускает множество мелких ошибок	грубые ошибки
		Правила эксплуатации тепломеханического оборудования	Знает правила эксплуатации тепломеханического оборудования. Не допускает ошибок	Знает правила эксплуатации тепломеханического оборудования. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает правила эксплуатации тепломеханического оборудования. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки
		Требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования	Знает требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования. Не допускает ошибок	Знает требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки
		Технологический процесс производства тепловой и	Знает технологический процесс производс	Знает технологический процесс производс	Плохо знает технологический процесс	Уровень знаний ниже минимальных

	электрической энергии	тв тепловой и электрической энергии. Не допускает ошибок	тв тепловой и электрической энергии. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	производства тепловой и электрической энергии. Допускает множество мелких ошибок	требований, допускает грубые ошибки
	уметь:				
	Применять свои знания для разработки производственных инструкций и внесения в них изменений	Демонстрирует умение применять свои знания для разработки производственных инструкций и внесения в них изменений. Не допускает ошибок	Демонстрирует умение применять свои знания для разработки производственных инструкций и внесения в них изменений. Допускает ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение применять свои знания для разработки производственных инструкций и внесения в них изменений, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение применять свои знания для разработки производственных инструкций и внесения в них изменений, допускает грубые ошибки
	владеть:				
	Навыками выполнения чертежей паровых турбин	Продемонстрированы навыки выполнения чертежей паровых турбин, без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки выполнения чертежей паровых турбин, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков выполнения чертежей паровых турбин, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки выполнения чертежей паровых турбин, допущены грубые ошибки
	Навыками разработки производственных инструкций	Продемонстрированы навыки разработки производственных	Продемонстрированы базовые навыки разработки производственных	Имеется минимальный набор навыков разработки	Не продемонстрированы базовые навыки разработки



			инструкций, без ошибок и недочётов	венных инструкций, допущен ряд мелких ошибок	производственных инструкций, много ошибок	производственных инструкций, допущены грубые ошибки
		Навыками внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера более высокой квалификации	Продемонстрированы навыки внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера более высокой квалификации, без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера более высокой квалификации, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера более высокой квалификации, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера более высокой квалификации, допущены грубые ошибки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник / А. Г. Костюк [и др.]; под ред. А.Г. Костюка. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - 557 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011577.html>. - ISBN 978-5-383-01157-7. - Текст : электронный.

2. Парогазовые установки электростанций: учебное пособие / А.Д. Трухний. - М.: Издательский дом МЭИ, 2019. - 648 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012772.html>. - ISBN 978-5-383-01277-2. - Текст: электронный.

3. Автоматическое регулирование энергоустановок: учебное пособие / А.Е. Булкин. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - 508 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009949.html>. - ISBN 978-5-383-00994-9. - Текст : электронный.

4. Тихоходные паровые турбины атомных электрических станций: учебное пособие / А. Д. Трухний, А.Е. Булкин. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - 364 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011065.html>. - ISBN 978-5-383-01106-5. - Текст : электронный.

5. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: учебное пособие / А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. - 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2020. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014165.html>. - ISBN 978-5-383-01416-5. - Текст: электронный.

6. Динамика и прочность турбомашин: учебник / А.Г. Костюк. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2020. - 472 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014271.html>. - ISBN 978-5-383-01427-1. - Текст: электронный.

### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Стационарные паровые турбины: производственное издание / А.Д. Трухний. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1990. - 640 с.: ил. - Текст : непосредственный.

2. Паровые и газовые турбины. Сборник задач: учебное пособие для вузов / Б.М. Трояновский, Г.С. Самойлович, В.В. Нитусов, А.И. Занин; под ред. Б. М. Трояновского, Г.С. Самойловича. - 3-е изд., перераб. - М. : Энергоатомиздат, 1987. - 240 с.: ил. - Текст : непосредственный.

3. Евгенъев И.В. Паровые и газовые турбины тепловых электрических станций: учебное пособие / И.В. Евгенъев. - Казань: КГЭУ, 2011. - 252 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - 4257. - Текст : непосредственный.

4. Паровые и газовые турбины ТЭС: практикум / И. В. Евгенъев. - Казань: КГЭУ, 2011. - 156 с. - 4222. - Текст: непосредственный.

5. Расчет многоступенчатой паровой турбины: метод. указания к выполнению курсового проекта / И.В. Евгенъев. - Казань : КГЭУ, 2003. - 86 с.: ил. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - Текст : непосредственный.

6. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики: справочное издание / А.А. Александров. - М.: Издательский дом МЭИ, 2019. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013564.html>. - ISBN 978-5-383-01356-4. - Текст: электронный.

7. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник / А.А. Александров, Б.А. Григорьев; Рек. Гос. службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98. - 2-е изд., стер. - М.: МЭИ, 2006. - 168 с.: ил. – ISBN 5-903072-43-7. - Текст : непосредственный.

8. Расчёт проточной части паровых турбин атомных электрических станций: учебно-методическое пособие / И.В. Евгенъев. - Казань: КГЭУ, 2021. - 83 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - Текст: электронный.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань». URL: <https://e.lanbook.com/>

2. Электронно-библиотечная система IBOOKS.RU. URL: <https://ibooks.ru/>
3. Научная электронная библиотека. URL: <http://elibrary.ru>

#### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/opendata/> Режим доступа: свободный.
2. «Консультант плюс». URL: <http://www.consultant.ru/> Режим доступа: свободный.

#### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Пользовательская операционная система Windows 7 Профессиональная (Starter).
2. Система поиска информации в сети интернет (включая русскоязычный интернет) браузер Chrome.
3. Пакет офисных приложений OpenOffice.
4. Пакет программ Adobe Acrobat.
5. Учебная площадка Moodle.

### 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации А-413	Комплект специализированной мебели, моноблок, телевизор, учебный макет Нижнекамской ТЭЦ
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал	Специализированная мебель, компьютерная

	библиотеки	техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение
	Учебная аудитория для выполнения курсовой работы А-417	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, программное обеспечение

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых

потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской

идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

#### *Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

#### *Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

#### *Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

## Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф., реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая кафедра
1	2	3	4	5	6
1	3.2	04.03.24	Изменены наименования разделов 1, 7 и 9 дисциплины.	Заседание кафедры-разработчика 04.03.2024 г., протокол № 14-2023/2024.  _____ (Зав. каф. АТЭС Чичирова Н.Д.)	Методический совет института Теплоэнергетики 16.04.2024 г., протокол № 7  _____ (Председатель УМК ИТЭ Гапоненко С.О.)
2	3.3	04.03.24	Внесены изменения в содержание темы 2.1 раздела 2, темы 4.1 раздела 4, темы 6.3 раздела 6, темы 7.1 раздела 7, тем 9.1, 9.2, 9.3 раздела 9.	Заседание кафедры-разработчика 04.03.2024 г., протокол № 14-2023/2024.  _____ (Зав. каф. АТЭС Чичирова Н.Д.)	Методический совет института Теплоэнергетики 16.04.2024 г., протокол № 7  _____ (Председатель УМК ИТЭ Гапоненко С.О.)
3	3.4	04.03.24	Внесены изменения в тематическом плане практических занятий: тема 1.1, тема 7.1.	Заседание кафедры-разработчика 04.03.2024 г., протокол № 14-2023/2024.  _____ (Зав. каф. АТЭС Чичирова Н.Д.)	Методический совет института Теплоэнергетики 16.04.2024 г., протокол № 7  _____ (Председатель УМК ИТЭ Гапоненко С.О.)

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**КГУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Турбины ТЭС и АЭС**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

**Направление  
подготовки**

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**  
*(Код и наименование направления подготовки)*

**Квалификация**

**Бакалавр**

*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2023



Оценочные материалы по дисциплине Б1.В.ДЭ.01.04.03 Турбины ТЭС и АЭС, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

## 1. Технологическая карта

### Семестр 7

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1. «Турбины и турбинные установки»									
Раздел 2. «Ступень турбины. Преобразование энергии в ступени»									
Раздел 3. «Турбинные решётки. Определение размеров решёток в ступени»									
Раздел 4. «Относительный внутренний КПД ступени»	ТК1	25	0-15					25-40	25-40
Коллоквиум		25	0-15					25-40	25-40
Раздел 5. «Многоступенчатые турбины»									
Раздел 6. «Работа ступени и турбины при переменном режиме»									
Раздел 7. «Теплофикационные турбины»	ТК2			15	0-15			15-30	15-30
Коллоквиум				15	0-15			15-30	15-30
Раздел 8. «Расчёт на прочность основных элементов турбин»									
Раздел 9. «Регулирование, маслоснабжение и защита турбин»									
Раздел 10. «Конденсационное устройство паровой турбины»	ТК3					15	0-15	15-30	15-30

Коллоквиум						15	0-15	15-30	15-30
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	<b>ОМ</b>								<b>0-45</b>
Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30
<b>Промежуточная аттестация (КР)</b>	<b>ОМ</b>								<b>0-100</b>
Выполнение курсовой работы									0-55
Оформление курсовой работы									0-45

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.1	знать:				
		Методику расчёта проточной части паровой турбины	Знает методику расчёта проточной части паровой турбины. Не допускает ошибок	Знает методику расчёта проточной части паровой турбины. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает методику расчёта проточной части паровой турбины. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки
		уметь:				
		Определять необходимые данные для выполнения гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологически	Демонстрирует умение определять необходимые данные для выполнения гидравлически	Демонстрирует умение определять необходимые данные для выполнения гидравлически	В целом демонстрирует умение определять необходимые данные для выполнения	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение определять

		х решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций	ских расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций. Не допускает ошибок	ских расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций. Допускает ряд небольших ошибок	гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	необходимые данные для выполнения гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, допускает грубые ошибки
		Проводить расчёт проточной части паровой турбины	Демонстрирует умение проводить расчёт проточной части паровой турбины. Не допускает ошибок	Демонстрирует умение проводить расчёт проточной части паровой турбины. Допускает ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение проводить расчёт проточной части паровой турбины, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение проводить расчёт проточной части паровой турбины, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		Навыками расчёта проточной части паровой турбины	Продемонстрированы навыки расчёта проточной части паровой турбины,	Продемонстрированы базовые навыки расчёта проточной части паровой	Имеется минимальный набор навыков расчёта проточной части	Не продемонстрированы базовые навыки расчёта проточной части

			без ошибок и недочётов	турбины, допущен ряд мелких ошибок	паровой турбины, много ошибок	паровой турбины, допущены грубые ошибки
ПК-1.2	знать:					
	Правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию	Знает правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. Не допускает ошибок	Знает правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки	
	уметь:					
	Оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию	Демонстрирует умение оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. Не допускает ошибок	Демонстрирует умение оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию. Допускает ряд	В целом демонстрирует умение оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию, допускает ошибки.	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов	

				небольших ошибок	Задание выполняет не в полном объеме	на проектную документацию, допускает грубые ошибки
		владеть:				
	Навыками оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины	Продемонстрированы навыки оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины, без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки оформления результатов расчёта проточной части паровой турбины, допущены грубые ошибки	
		знать:				
	Номенклатуру современных изделий, оборудования и материалов, а также технологии производства работ	Знает номенклатуру современных изделий, оборудования и материалов, а также технологии производства работ. Не допускает ошибок	Знает номенклатуру современных изделий, оборудования и материалов, а также технологии производства работ. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает номенклатуру современных изделий, оборудования и материалов, а также технологии производства работ. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки	
		уметь:				
	Определять необходимые данные для выбора оборудования, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых	Демонстрирует умение определять необходимые данные для выбора оборудования	Демонстрирует умение определять необходимые данные для выбора оборудования	В целом демонстрирует умение определять необходимые данные для выбора	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение определять	
	ПК-1.3					

		пунктов, тепловых электростанций	ния, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций. Не допускает ошибок	ния, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций. Допускает ряд небольших ошибок	оборудования, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	необходимые данные для выбора оборудования, трубопроводов и арматуры котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		Навыками выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций	Продемонстрированы навыки выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки выбора оборудования и арматуры для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций, допущены грубые ошибки
ПК-2	ПК-2.1	знать:				
		Назначение, виды, принцип действия и технические данные тепломеханические	Знает назначение, виды, принцип действия и технические	Знает назначение, виды, принцип действия и технические	Плохо знает назначение, виды, принцип действия и	Уровень знаний ниже минимальных требований,

		ского оборудования	данные тепломеханического оборудования. Не допускает ошибок	данные тепломеханического оборудования. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	технические данные тепломеханического оборудования. Допускает множество мелких ошибок	допускает грубые ошибки
		Технологические схемы обслуживаемых объектов	Знает технологические схемы обслуживаемых объектов. Не допускает ошибок	Знает технологические схемы обслуживаемых объектов. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает технологические схемы обслуживаемых объектов. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки
		Назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической защиты тепломеханического оборудования	Знает назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической защиты тепломеханического оборудования. Не допускает ошибок	Знает назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической защиты тепломеханического оборудования. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической защиты тепломеханического оборудования. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки
		Правила эксплуатации тепломеханического оборудования	Знает правила эксплуатации тепломеханического оборудования. Не допускает ошибок	Знает правила эксплуатации тепломеханического оборудования. При ответе может	Плохо знает правила эксплуатации тепломеханического оборудования. Допускает	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки

				допустить несколько негрубых ошибок	множество мелких ошибок	
	Требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования	Знает требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования. Не допускает ошибок	Знает требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки	
	Технологический процесс производства тепловой и электрической энергии	Знает технологический процесс производства тепловой и электрической энергии. Не допускает ошибок	Знает технологический процесс производства тепловой и электрической энергии. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает технологический процесс производства тепловой и электрической энергии. Допускает множество мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки	
	уметь:					
	Применять свои знания для разработки производственных инструкций и	Демонстрирует умение применять свои знания для разработки	Демонстрирует умение применять свои знания для разработки	В целом демонстрирует умение применять свои знания для	При решении типовых задач не демонстрирует сформиро	



		внесения в них изменений	производственных инструкций и внесения в них изменений. Не допускает ошибок	производственных инструкций и внесения в них изменений. Допускает ряд небольших ошибок	разработки производственных инструкций и внесения в них изменений, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме	ванное умение применять свои знания для разработки производственных инструкций и внесения в них изменений, допускает грубые ошибки
	владеть:					
		Навыками выполнения чертежей паровых турбин	Продемонстрированы навыки выполнения чертежей паровых турбин, без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки выполнения чертежей паровых турбин, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков выполнения чертежей паровых турбин, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки выполнения чертежей паровых турбин, допущены грубые ошибки
		Навыками разработки производственных инструкций	Продемонстрированы навыки разработки производственных инструкций, без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки разработки производственных инструкций, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков разработки производственных инструкций, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки разработки производственных инструкций, допущены грубые ошибки
		Навыками внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера более высокой квалификации	Продемонстрированы навыки внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера более высокой	Продемонстрированы базовые навыки внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера более	Имеется минимальный набор навыков внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера	Не продемонстрированы базовые навыки внесения изменений в производственные инструкции по указанию руководителя или инженера

			квалификации, без ошибок и недочётов	высокой квалификации, допущен ряд мелких ошибок	более высокой квалификации, много ошибок	более высокой квалификации, допущены грубые ошибки
--	--	--	--------------------------------------	---	--	--

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; коллоквиумов; глубокое знание и понимание технологии производства электроэнергии и теплоты, конструкции, принципа действия паровых турбин ТЭС и АЭС, методики расчёта проточной части паровой турбины, правил выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию, номенклатуры современных изделий, оборудования и материалов, а также технологии производства работ, назначение, виды, принцип действия и технические данные тепломеханического оборудования, технологических схем обслуживаемых объектов, назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической защиты тепломеханического оборудования, правил эксплуатации тепломеханического оборудования, требований промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; коллоквиумов; знание и понимание технологии производства электроэнергии и теплоты, конструкции, принципа действия паровых турбин ТЭС и АЭС, методики расчёта проточной части паровой турбины, правил выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов на проектную документацию, номенклатуры современных изделий, оборудования и материалов, а также технологии производства работ, назначение, виды, принцип действия и технические данные тепломеханического оборудования, технологических схем обслуживаемых объектов, назначение и принцип действия устройств автоматики и технологической защиты тепломеханического оборудования, правил эксплуатации тепломеханического оборудования, требований промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка «удовлетворительно» выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре и коллоквиумов*;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за слабое и неполное выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий и коллоквиумов*.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам / разделам дисциплины
Курсовая работа (КР)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	Темы проектов

### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

*Пример задания*

**Для текущего контроля ТК1:**

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен проводить расчеты по типовым методикам, участвовать в проектировании технологического оборудования котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, ПК-1.1 Выполняет расчеты котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций

Вопросы к коллоквиуму *TK1*:

1. Какие типы турбинных ступеней вы знаете?
2. Как определяется располагаемый теплоперепад турбинной ступени?
3. Как определяется степень реактивности турбинной ступени?
4. Как производится распределение располагаемого теплоперепада ступени по турбинным решеткам?

5. Для чего определяется число Маха при расчёте турбинных ступеней?
6. Как определяются абсолютные скорости выхода пара из сопловой и рабочей решёток?
7. Как определяются относительные скорости выхода пара из сопловой и рабочей решёток?
8. Как определяются основные потери энергии в турбинных решётках?
9. Как определяются дополнительные потери в турбинной ступени?
10. Как определяются относительный лопаточный и относительный внутренний КПД турбинной ступени?

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен проводить расчеты по типовым методикам, участвовать в проектировании технологического оборудования котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, ПК-1.3 Выбирает оборудование, трубопроводы и арматуру котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций

Вопросы к коллоквиуму *ТК1*:

1. Какие типы паровых турбин ТЭС вы знаете?
2. Какие правила маркировки паровых турбин вы знаете?
3. Какие существуют виды паровых турбин АЭС?
4. Какие правила маркировки паровых турбин АЭС вы знаете?
5. Как осуществляется выбор паровых турбин ТЭС?
6. Как осуществляется выбор паровых турбин АЭС?
3. Как осуществляется выбор профилей турбинных решёток?
4. Как осуществляется выбор степени реактивности турбинной ступени?
5. Как осуществляется выбор отношения скоростей  $w/c_f$ ?
6. Как осуществляется выбор среднего диаметра ступени?
7. От чего зависит и как определяется коэффициент расхода турбинной решётки?
8. Как осуществляется выбор эффективного угла выхода потока пара из турбинной решётки?
9. Как выбираются коэффициенты для определения дополнительных потерь в турбинной ступени?
10. Как выбираются зазоры при расчёте потерь от утечек?

Проверяемая компетенция: ПК-2 Способен разрабатывать регламенты деятельности по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС, ПК-2.1 Принимает участие в разработке производственных инструкций.

Вопросы к коллоквиуму *ТК1*:

1. Для чего предназначена паровая турбина?
2. Как работает паровая турбина?
3. Какое оборудование входит в состав паротурбинной установки?
4. Как работает газотурбинная установка?
5. Какое оборудование входит в состав газотурбинной установки?
6. Как работает парогазовая установка?

7. Из каких элементов состоит паровая турбина?
8. Из каких элементов состоит газовая турбина?
9. Какие способы повышения экономичности паровых турбин вы знаете?
10. Что такое комбинированная выработка теплоты и электроэнергии?

### **Дополнительные баллы для текущего контроля ТК1**

Вопросы на 5 дополнительных баллов:

1. Какие геометрические размеры турбинных решёток вы знаете?
2. Что такое хорда профиля?
3. Что такое ширина решётки?
4. Что такое шаг решётки?
5. Что такое толщина выходной кромки профиля?
6. Что такое горло решётки?
7. На какие типы подразделяются ступени по степени реактивности?
8. Какие потери входят в состав профильных потерь?
9. Какие потери входят в состав концевых потерь?
10. Какие потери учитывает относительный внутренний КПД ступени?

Вопросы на 10 дополнительных баллов:

1. Что такое корневой диаметр ступени?
2. Что такое средний диаметр ступени?
3. Что такое периферийный диаметр ступени?
4. Что такое веерность?
5. Что такое степень парциальности?
6. Как возникают профильные потери?
7. Как возникают потери трения?
8. Как возникают волновые потери?
9. Какие потери входят в состав парциальных потерь?
10. Какие потери входят в состав потерь от влажности?

Вопросы на 15 дополнительных баллов:

1. Что такое угол установки профиля?
2. Что такое эффективный угол выхода потока из решётки?
3. Что такое скелетный угол входа потока в решётку?
4. Что такое фронт турбинной решётки?
5. Что такое средняя линия профиля?
6. Какие относительные размеры турбинных решёток вы знаете и как они определяются?
7. Как возникают вентиляционные потери в турбинной ступени?
8. Как возникают сегментные потери в турбинной ступени?
9. Как возникают потери трения диска и лопаточного бандажа?
10. Как возникают потери от утечек и как их можно уменьшить?
11. Как возникают потери от влажности?
12. Какие способы борьбы с эрозионным износом лопаток вы знаете?

## Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен проводить расчеты по типовым методикам, участвовать в проектировании технологического оборудования котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, ПК-1.1 Выполняет расчеты котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций

### Вопросы к коллоквиуму ТК2:

1. Как определяется предварительный теплоперепад турбины при её тепловом расчёте?
2. Как определяется окончательный теплоперепад турбины при её тепловом расчёте?
3. Как производится распределение теплоперепадов по ступеням турбины?
4. Что такое коэффициент возврата теплоты и как он определяется?
5. Как определяется количество ступеней турбины?
6. Что такое сетка расходов?
7. Как пользоваться сеткой расходов?
8. Как определяется расход пара через турбинную решётку при изменении давления за решёткой?
9. Как определяется расход пара через турбинную решётку при изменении давления перед решёткой?
10. Как определяется давление в регулирующей ступени турбины при переменном режиме?

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен проводить расчеты по типовым методикам, участвовать в проектировании технологического оборудования котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, ПК-1.2 Принимает участие в разработке и оформлении проектной документации в соответствии с требованиями нормативных документов на проектную документацию котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций;

### Вопросы к коллоквиуму ТК2:

1. Какие требования предъявляются к чертежам турбинных ступеней?
2. Какие требования предъявляются к чертежам паровых турбин?
3. Какие требования предъявляются к чертежам газовых турбин?
4. Какие требования предъявляются к спецификациям чертежей паровых турбин?
5. Какие требования предъявляются к спецификациям чертежей паровых турбин?
6. Что входит в состав проектной документации на паровую турбину?
7. Что входит в состав проектной документации на газовую турбину?
8. Что входит в состав рабочей документации?
9. Какие правила оформления проектной документации на паровую

турбину вы знаете?

10. Какие правила оформления проектной документации на газовую турбину вы знаете?

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен проводить расчеты по типовым методикам, участвовать в проектировании технологического оборудования котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, ПК-1.3 Выбирает оборудование, трубопроводы и арматуру котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций

Вопросы к коллоквиуму *ТК2*:

1. По каким параметрам производится выбор паровых турбин?
2. Как осуществляется выбор турбины с одним регулируемым отбором пара?
3. Как осуществляется выбор турбины с двумя регулируемыми отборами пара?
4. Как осуществляется выбор турбины с противодавлением?
5. Какие заводы-изготовители паровых турбин вы знаете?
6. Какие заводы-изготовитель газовых турбин вы знаете?
7. Как осуществляется выбор регенеративных подогревателей для паровых турбин ТЭС?
8. Как осуществляется выбор деаэратора высокого давления для паровых турбин ТЭС?
9. Как осуществляется выбор конденсатора для паровых турбин ТЭС?
10. Как осуществляется выбор эжектора для конденсаторов паровых турбин ТЭС?

Проверяемая компетенция: ПК-2 Способен разрабатывать регламенты деятельности по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС, ПК-2.1 Принимает участие в разработке производственных инструкций.

Вопросы к коллоквиуму *ТК2*:

1. Для чего предназначены теплофикационные турбины?
2. Чем теплофикационные турбины отличаются от конденсационных?
3. Какие турбины относятся к теплофикационным?
4. Что входит в состав сетевой подогревательной установки?
5. На какие виды можно разделить подогрев сетевой воды?
6. Для чего предназначен теплофикационный пучок?
7. Для чего предназначен пиковый водогрейный котёл?
8. Какие особенности работы теплофикационных турбин при переменном режиме вы знаете?
9. Какие способы парораспределения вы знаете?
10. Чем отличается регулирование способом скользящего давления от клапанного регулирования?

## Дополнительные баллы для текущего контроля ТК2

Вопросы на 5 дополнительных баллов:

1. Как изменяется тепловой процесс в ступени при уменьшении располагаемого теплоперепада?
2. Как изменяется тепловой процесс в ступени при увеличении располагаемого теплоперепада?
3. Как зависит степень реактивности ступени от отношения скоростей  $u/c_{ф}$ ?
4. В каких условиях работает последняя ступень конденсационной турбины при переменном давлении за ступенью?
5. Как осуществляется дроссельное парораспределение?
6. Как осуществляется сопловое парораспределение?
7. Как осуществляется обводное наружное парораспределение?
8. Как осуществляется обводное внутреннее парораспределение?
9. Как определяется электрическая мощность турбины с противодавлением?
10. Что такое диаграмма режимов и как ей пользоваться?

Вопросы на 10 дополнительных баллов

1. Как изменяется расход пара, протекающего через суживающуюся решётку, при одновременном изменении как давления подводимого пара, так и давления за решёткой?
2. В каком случае справедливо утверждение, что критический расход пара пропорционален давлению торможения перед решёткой?
3. Как влияет изменение потери с выходной скоростью за счёт изменения угла выхода потока из ступени на относительный внутренний КПД ступени?
4. Как влияет изменение угла входа потока в рабочую решётку на относительный внутренний КПД ступени?
5. Как влияет изменение теплоперепада сопловой решётки на относительный внутренний КПД ступени?
6. Когда возникает наибольший располагаемый теплоперепад при изменении нагрузки турбины с сопловым парораспределением?
7. Как определяется электрическая мощность турбины с одним регулируемым отбором пара?
8. Как определяется расход свежего пара на турбину с одним регулируемым отбором пара?
9. Как определяется внутренняя мощность турбины с одним регулируемым отбором пара и противодавлением?
10. Какие параметры можно определить при помощи диаграммы режимов турбины с одним регулируемым отбором пара?

Вопросы на 15 дополнительных баллов

1. Как влияет изменение потерь трения диска и лопаточного бандажа на относительный внутренний КПД ступени?
2. Как влияет изменение потерь от утечек на относительный внутренний КПД ступени?



3. Как влияет увеличение отношения скоростей  $u/c_{\phi}$  на парциальные потери и относительный внутренний КПД ступени?
4. Как влияет увеличение отношения скоростей  $u/c_{\phi}$  на потери от влажности и относительный внутренний КПД ступени?
5. Какой режим работы турбины является наиболее тяжёлым для сопловых и особенно для рабочих лопаток?
6. Как определяется внутренняя мощность и расход свежего пара для турбины с двумя регулирующими отборами пара?
7. Как определяется внутренняя мощность и тепловая нагрузка турбины с двумя отопительными отборами пара?
8. Из каких квадрантов состоит диаграмма режимов турбины с двумя регулируемыми отборами пара?
9. Какие параметры можно определить при помощи диаграммы режимов турбины с двумя регулируемыми отборами пара?
10. Как определяется максимально возможный производственный отбор пара для турбины с двумя регулируемыми отборами пара?

### **Для текущего контроля ТКЗ:**

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен проводить расчеты по типовым методикам, участвовать в проектировании технологического оборудования котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, ПК-1.1 Выполняет расчеты котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций

### **Вопросы к коллоквиуму ТКЗ:**

1. Как определяются изгибающие напряжения, действующие на рабочие лопатки?
2. Как определяются растягивающие напряжения, действующие на рабочие лопатки?
3. Как определяется центробежная сила, действующая на рабочие лопатки?
4. Как определяется прогиб диафрагмы?
5. Как определяется степень неравномерности системы регулирования?
6. Как определяется степень нечувствительности системы регулирования?
7. Как определяются статическое повышение и динамический заброс частоты вращения?
8. Как определяется предельная частота вращения, на которую рассчитывается турбина?
9. Как определяется суммарное повышение частоты вращения при сбросе нагрузки?
10. Как определяется частота вращения, при которой срабатывает автомат безопасности?

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен проводить расчеты по типовым

методикам, участвовать в проектировании технологического оборудования котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций, ПК-1.3 Выбирает оборудование, трубопроводы и арматуру котельных, центральных тепловых пунктов, тепловых электростанций

Вопросы к коллоквиуму *ТКЗ*:

1. Как осуществляется выбор конденсатора паровой турбины?
2. Как осуществляется выбор конденсатного насоса?
3. Как осуществляется выбор циркуляционного насоса?
4. Как осуществляется выбор пускового пароструйного эжектора?
5. Как осуществляется выбор пускового водоструйного эжектора?
6. Как осуществляется выбор основного эжектора?
7. Как осуществляется выбор водокольцевого насоса?
8. Как осуществляется выбор градирни?
9. На какие типы подразделяются градирни?
10. На какие типы подразделяются конденсатные и циркуляционные насосы?

Проверяемая компетенция: ПК-2 Способен разрабатывать регламенты деятельности по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС, ПК-2.1 Принимает участие в разработке производственных инструкций.

Вопросы к коллоквиуму *ТКЗ*:

1. Для чего предназначен регулятор скорости?
2. Как работает быстроходный механический регулятор скорости?
3. Какие системы регулирования вы знаете?
4. Как работает система регулирования с гидравлическими связями и быстроходным механическим регулятором скорости?
5. Как работает гидродинамическая система регулирования?
6. Что входит в состав электрогидравлической системы регулирования и как она работает?
7. Какими защитами снабжается паровая турбина?
8. Как работает система защиты от разгона?
9. Какие элементы входят в состав системы маслоснабжения паровой турбины?
10. Какое оборудование входит в состав конденсационной установки?

**Дополнительные баллы для текущего контроля ТКЗ**

Вопросы на 5 дополнительных баллов:

1. Как определяются составляющие аэродинамической силы при расчёте рабочих лопаток на изгиб?
2. Чему должна быть равна скорость прогрева корпусных деталей турбин для исключения недопустимых температурных напряжений?
3. Что такое абсолютное расширение (удлинение) статора?

4. Что такое относительное удлинение (укорочение) ротора?
5. Как работает простейшая система регулирования паровой турбины?
6. Как регламентируется ГОСТ степень неравномерности и степень нечувствительности?
7. Из каких элементов состоит и как работает быстродействующий механический регулятор частоты вращения?
8. При какой частоте вращения срабатывает автомат безопасности?
9. Для чего предназначен инжектор и как он работает?
10. Что такое относительное содержание воздуха в конденсаторе?

Вопросы на 10 дополнительных баллов

1. Что такое масштабный коэффициент?
2. Как определяется эквивалентное напряжение, действующее на диафрагму?
3. Из каких составляющих складывается прогиб диафрагмы?
4. Для чего предназначен механизм управления турбиной?
5. Для чего необходим отсечной золотник системы регулирования с гидравлическими связями и быстроходным регулятором частоты вращения?
6. Для чего необходим сервомотор системы регулирования с гидравлическими связями и быстроходным регулятором частоты вращения?
7. Что такое импеллер и для чего он нужен?
8. Какое оборудование входит в функциональную схему электрогидравлической системы регулирования?
9. Какую конструкцию имеет главный маслобак?
10. Что такое паровое сопротивление конденсатора?

Вопросы на 15 дополнительных баллов

1. Как определяется масштабный коэффициент?
2. Как определяются изгибающие моменты относительно центральных главных осей?
3. Как определяется величина прогиба тела диафрагмы и сопловых лопаток?
4. Как работает механизм управления турбиной?
5. Из каких элементов состоит и как работает автомат безопасности бойкового типа?
6. Из каких элементов состоит и как работает автомат безопасности кольцевого типа?
7. Как работает защита от осевого сдвига ротора?
8. Какую конструкцию имеет и как работает главный маслонасос?
9. Из каких составляющих складывается давление в конденсаторе?
10. Как определяется парциальное давление пара в паровоздушной смеси?

**Для промежуточной аттестации:**

*Пример тем курсовой работы:*

1. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины К-300-240.
2. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины Т-110/120-130.
3. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины ПТ-80/100-130/15.
4. Расчёт проточной части паровой турбины Р-100/105-130/13.
5. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины для АЭС К-1000-60/1500.
6. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины К-500-240.
7. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины Т-180/210-130.
8. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины ПТ-135/165-130/15.
9. Расчёт проточной части паровой турбины Р-50/60-130/13.
10. Расчёт проточной части ЦВД паровой турбины для АЭС К-500-65/3000.

*Примеры билетов на экзамен:*

#### Билет №1

1. Турбина – основной двигатель современной тепловой и атомной электростанции. Принцип действия турбины.
2. Влияние числа ступеней на эффективность проточной части турбины. Возврат теплоты.
3. При испытании турбины с противодавлением были измерены параметры пара перед турбиной  $p_0 = 3,4$  МПа,  $t_0 = 435$  °С и за ней  $p_z = 0,5$  МПа,  $t_z = 230$  °С. Определить относительный внутренний КПД турбины  $\eta_{oi}$ .

#### Билет № 2

1. Конструкции типовой паровой и газовой турбины.
2. Преимущества и недостатки многоступенчатой турбины.
3. При испытании конденсационной турбины малой мощности, работающей без отборов пара, были измерены мощность на зажимах генератора  $N_3 = 4000$  кВт, расход пара  $G = 4,75$  кг/с, параметры свежего пара  $p_0 = 2,4$  МПа,  $t_0 = 380$  °С, давление в конденсаторе  $p_k = 4,5$  кПа. Чему равны удельные расходы пара  $d_3$  и теплоты  $q_3$ , относительный электрический КПД турбоагрегата  $\eta_{о.э}$  и абсолютный электрический КПД турбоустановки  $\eta_3$ ?

#### Билет № 3

1. Паротурбинная установка и её экономичность.
2. Рабочий процесс в многоступенчатой турбине.

3. Определить располагаемый теплоперепад турбины при начальных параметрах  $p_0 = 8,8$  МПа,  $t_0 = 510$  °С и конечном давлении: 1)  $p_z = p_k = 4,5$  кПа и 2)  $p_z = 0,5$  МПа.

#### Билет № 4

1. Пути повышения КПД паротурбинных установок.
2. Способы уменьшения дополнительных потерь в ступени.
3. Найти располагаемый теплоперепад турбины  $H_0$ , если начальные параметры пара:  $p_0 = 9$  МПа,  $t_0 = 520$  °С, давление отработавшего пара  $p_k = 3,5$  кПа.

#### Билет № 5

1. Газотурбинная установка и её экономичность. Маневренность ГТУ.
2. Меры борьбы с эрозионным износом рабочих лопаток паровых турбин.
3. Параметры пара перед турбиной: давление  $p_0 = 9$  МПа,  $t_0 = 510$  °С; давление в конденсаторе  $p_k = 5$  кПа. Относительный внутренний КПД турбины  $\eta_{oi} = 0,87$ . Найти состояние пара после расширения в турбине.

#### Билет № 6

1. Классификация паровых турбин. Маркировка турбин.
2. Эрозия рабочих лопаток и других элементов проточной части.
3. При испытании турбины были измерены параметры пара перед турбиной:  $p_0 = 3,5$  МПа,  $t_0 = 450$  °С и за турбиной:  $p_2 = 0,5$  МПа,  $t_2 = 230$  °С. Чему равен относительный внутренний КПД?

#### Билет № 7

1. Конструктивное выполнение ступени турбины. Преобразование энергии в турбинной ступени.
2. Потери, связанные с влажностью пара.
3. Турбина П-6-35/5 рассчитана на работу с начальными параметрами пара  $p_0 = 3,5$  МПа,  $t_0 = 440$  °С. Параметры пара за турбиной  $p_z = 0,5$  МПа,  $t_z = 210$  °С. Рассчитать относительный внутренний КПД турбины  $\eta_{oi}$  при снижении параметров пара за турбиной до  $p'_z = 0,2$  МПа,  $t'_z = 120$  °С.

Билет № 8

1. Основные уравнения рабочего процесса турбинной ступени.
2. Потери от утечек в ступени.
3. При испытании турбины были измерены параметры пара перед турбиной:  $p_0 = 13$  МПа,  $t_0 = 560$  °С и за турбиной:  $p_2 = 1,5$  МПа,  $t_2 = 300$  °С. Чему равен относительный внутренний КПД?

Билет № 9

1. Треугольники скорости. Силы, действующие на рабочие лопатки.
2. Потери парциального подвода пара.
3. Турбина рассчитана на работу с начальными параметрами пара  $p_0 = 12,8$  МПа,  $t_0 = 560$  °С при давлении в конденсаторе  $p_k = 5$  кПа и имеет относительный внутренний КПД  $\eta_{oi} = 0,86$ . Найти используемый теплоперепад турбины.

Билет № 10

1. Мощность, работа, относительный лопаточный КПД ступени.
2. Потери дискового трения.
3. Определить расход пара и термический КПД паротурбинной установки мощностью  $N_s = 12$  МВт с начальными параметрами пара  $p_0 = 3,5$  МПа,  $t_0 = 440$  °С; давление в конденсаторе  $p_k = 5,4$  кПа; относительный внутренний КПД турбины  $\eta_{oi} = 0,85$ , электромеханический КПД  $\eta_{эм} = 0,92$ .

Билет № 11

1. Степень реактивности. Зависимость лопаточного КПД активной и реактивной ступени от отношения скоростей.
2. Дополнительные потери в ступени.
3. Определить абсолютный внутренний КПД турбоустановки, работающей по циклу Ренкина, при начальных параметрах пара  $p_0 = 9$  МПа,  $t_0 = 510$  °С и давлении в конденсаторе  $p_k = 3,5$  кПа. Принять  $\eta_{oi} = 0,87$ .

Билет № 12

1. Баланс потерь одновенечной ступени турбины. Профильные и концевые потери.
2. Относительный внутренний КПД ступени.
3. Определить располагаемый теплоперепад турбины при начальных параметрах  $p_0 = 12,75$  МПа,  $t_0 = 555$  °С и конечном давлении: 1)  $p_z = p_k = 4,5$  кПа и 2)  $p_z = 1,5$  МПа.

#### Билет № 13

1. Использование энергии выходной скорости. Ступени скорости.
2. Выбор профилей лопаток, угла установки, шага и других геометрических и конструктивных параметров.
3. Турбина Р-100-130/15 рассчитана на работу с начальными параметрами пара  $p_0 = 12,75$  МПа,  $t_0 = 560$  °С. Параметры пара за турбиной  $p_z = 1,5$  МПа,  $t_z = 270$  °С. Рассчитать абсолютный внутренний КПД турбины  $\eta_i$  при переходе на новые начальные параметры:  $p'_0 = 13$  МПа,  $t'_0 = 565$  °С.

#### Билет № 14

1. Турбинные решётки. Геометрические и аэродинамические характеристики решёток.
2. Расширение потока в косом срезе решёток. Предельное давление за косым срезом решётки.
3. При испытании конденсационной турбины были измерены: мощность турбины на муфте  $N_s = 16000$  кВт, расход пара  $G = 17$  кг/с, начальное давление  $p_0 = 3,4$  МПа, начальная температура  $t_0 = 430$  °С, давление в конденсаторе  $p_k = 4,5$  кПа. Требуется определить удельный расход пара  $d_s$  и тепла  $q_s$ , относительный  $\eta_{os}$  и абсолютный электрический КПД  $\eta_e$ . Турбина работает без регенерации.

#### Билет № 15

1. Работа ступени при переменном режиме. Требования высокой надёжности и манёвренности, предъявляемые к современной турбине.
2. Способы снижения осевого усилия.
3. Определить расход пара через суживающуюся сопловую решётку, если известны параметры торможения перед ней  $\bar{p}_0 = 0,12$  МПа,  $\bar{t}_0 = 140$  °С и давление

пара за ней  $p_1 = 0,075$  МПа. Выходная площадь  $F_1 = 206 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>. Коэффициент расхода  $\mu_1 = 0,97$ .

#### Билет № 16

1. Зависимость между расходом и параметрами пара перед и за решёткой. Сетка расходов А.В. Шегляева.
2. Конструкция корпусов паровых турбин.
3. Как изменится расход пара через суживающиеся сопла, если при неизменном давлении пара перед соплами  $p_0 = 6$  МПа и постоянной начальной температуре давление пара за соплами повысить от  $p_1 = 3$  МПа до  $p_{11} = 4,5$  МПа?

#### Билет № 17

1. Условия работы последней ступени конденсационной турбины при переменном давлении за ступенью.
2. Виды уплотнений турбины.
3. Группа суживающихся сопел при начальном давлении пара  $p_0 = 12,75$  МПа и давлении за соплами  $p_1 = 10,5$  МПа пропускает расход пара  $G = 20$  кг/с. Каков будет расход пара  $G_1$  через эту группу сопел, если при постоянных начальных параметрах пара давление за соплами упадет до  $p_{11} = 8$  МПа?

#### Билет № 18

1. Работа многоступенчатой турбины при переменном режиме. Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении расхода рабочего тела, а также его параметров.
2. Конструкция роторов паровых турбин. Способы крепления рабочих лопаток.
3. Расход через суживающееся сопло при начальных параметрах пара  $p_0 = 1,57$  МПа,  $t_0 = 340$  °С, начальной скорости  $c_0 = 240$  м/с и противодавлении  $p_1 = 0,93$  МПа составляет  $G = 0,6$  кг/с. Чему должно быть равно давление за соплом  $p_{11}$  (при неизменных начальных параметрах и скорости  $c_0$ ), чтобы расход уменьшился до  $G_1 = 0,45$  кг/с? Чему равнялось бы противодавление  $p_{12}$ , если при этих же данных  $c_0 = 0$ ?

#### Билет № 19

1. Дроссельное парораспределение. Потери дросселирования в конденсационной и противодавленческой турбинах.



2. Воздухоудаляющие устройства.

3. Параметры пара перед соплами:  $p_0 = 4$  МПа,  $t_0 = 450^\circ \text{C}$ . Расход пара  $G = 5$  кг/с. Определить расход пара при новых начальных параметрах:  $p_{01} = 2,5$  МПа и  $t_{01} = 410^\circ \text{C}$ . Противодействие  $p_1 = 1,6$  МПа остается постоянным.

#### Билет № 20

1. Сопловое парораспределение. Распределение расхода пара и давлений в группах сопел регулирующей ступени.

2. Тепловой процесс в конденсаторе. Паровое сопротивление конденсатора, температура конденсата и его переохлаждение.

3. До какой величины следует снизить давление пара перед суживающимся соплом, чтобы расход через сопло уменьшился в 3 раза? Начальное давление  $p_0 = 12,75$  МПа. Противодействие  $p_1 = 9,55$  МПа остается постоянным. Изменением начальной температуры пренебречь.

#### Билет № 21

1. Применение обводных клапанов в системе парораспределения.

2. Схема конденсационной установки и её элементы.

3. Во сколько раз изменится расход перегретого пара через решётку суживающихся сопел, если давление перед решёткой, при расчетном режиме, равно  $\bar{p}_0 = 0,85$  МПа, снизится до  $\bar{p}_{01} = 0,75$  МПа, а давление за решеткой повысится с  $p_1 = 0,40$  МПа до  $p_{11} = 0,52$  МПа? Начальную температуру считать постоянной.

#### Билет № 22

1. Изменение расхода пара через турбину методом скользящего давления.

2. Масляное хозяйство турбоустановки.

3. Параметры пара перед суживающейся сопловой решеткой  $\bar{p}_0 = 10,5$  МПа,  $\bar{t}_0 = 540^\circ \text{C}$ . Расход пара  $G = 20,00$  кг/с. Определить расход пара при новых начальных параметрах:  $\bar{p}_{01} = 8,8$  МПа и  $\bar{t}_{01} = 510^\circ \text{C}$ . Противодействие  $p_1 = 7,5$  МПа поддерживается постоянным.

#### Билет № 23

1. Турбины с противодавлением. Условия применения турбины с противодавлением.

2. Система защиты турбоагрегата.

3. Во сколько раз увеличится располагаемый теплоперепад регулирующей ступени при замене одновенечной ступени на двухвенечную? Принять отношение  $u/c_{\phi}$  равными соответственно 0,43 и 0,23. Диаметр ступени и частота вращения не изменялись.

#### Билет № 24

1. Турбины с промежуточным отбором пара.

2. Сервомоторное регулирование. Система регулирования с быстроходным регулятором скорости и гидравлическими связями.

3. В турбине К-300-240 при расходе пара через нерегулируемые ступени  $G_{10} = 240$  кг/с давление пара в камере регулирующей ступени  $(p_{p.ст.})_0 = 16,5$  МПа. Чему равно давление пара в камере регулирующей ступени  $(p_{p.ст.})_1$  при расходе пара  $G_1 = 200$  кг/с? При расчёте пренебречь влиянием изменения произведения  $p_{p.ст.} \cdot V_{p.ст.}$ .

#### Билет № 25

1. Турбины с двумя регулируемыми отборами пара.

2. Параллельная работа турбогенераторов. Синхронизатор и его роль.

3. Турбина с параметрами свежего пара  $p_{00} = 2,9$  МПа,  $t_{00} = 400$  °С и противодавлением  $p_{z0} = 0,7$  МПа при расходе пара  $G_0 = 22,2$  кг/с работает с КПД  $\eta_{oi}^T = 0,8$ . Как изменится мощность турбины, если при  $G_0 = \text{const}$  и  $h_0 = \text{const}$  давление свежего пара возрастёт до 3,2 МПа? Считать, что турбина имеет сопловое парораспределение с настолько большим числом клапанов, что потерями давления в частично открытых клапанах можно пренебречь. Считать, что  $p_z = \text{const}$  и  $\eta_{oi}^T = \text{const}$ .

#### Билет № 26

1. Турбины с отопительными отборами пара при ступенчатом подогреве сетевой воды.

2. Задачи регулирования. Принципиальная схема и статическая характеристика регулирования.

3. Турбина с регулируемым производственным отбором пара П-6-35/5 при номинальной мощности  $P_3 = 6000$  кВт должна обеспечивать номинальное значение отбора  $G_{\text{п}} = 11,1$  кг/с. Начальные параметры пара:  $p_0 = 3,4$  МПа,  $t_0 = 435$  °С. Давление производственного отбора  $p_{\text{п}} = 0,5$  МПа, давление в конденсаторе  $p_{\text{к}} = 7,0$  кПа. При этом режиме принять: относительные внутренние КПД части высокого давления  $\eta_{\text{oi}}^{\text{I}} = 0,82$  и части низкого давления  $\eta_{\text{oi}}^{\text{II}} = 0,7$ , механический КПД  $\eta_{\text{м}} = 0,975$ , КПД электрогенератора  $\eta_{\text{э.г.}} = 0,95$ . Определить расход свежего пара  $G_1$ . для упрощения решения задачи считать, что турбина работает без регенеративных отборов пара.

#### Билет № 27

1. Вибрация валопроводов. Критические частоты ротора.
2. Корпус турбины. Термические напряжения в корпусах, изменение зазоров при тепловых расширениях.
3. Определить мощность  $P_3$  турбины ПР-12/15-90/15/7 с производственным отбором  $p_{\text{п}} = 1,45$  МПа и противодавлением  $p_z = p_{\text{т}} = 0,7$  МПа. Параметры свежего пара:  $p_0 = 8,8$  МПа,  $t_0 = 535$  °С. Величина отбора  $G_{\text{п}} = 20,8$  кг/с. Отпуск пара для отопительных целей  $G_{\text{т}} = 6$  кг/с. Относительные внутренние КПД:  $\eta_{\text{oi}}^{\text{I}} = 0,83$ ,  $\eta_{\text{oi}}^{\text{II}} = 0,86$ . Произведение  $\eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{э.г.}} = 0,96$ . Турбина работает без регенеративных отборов.

#### Билет № 28

1. Дроссельное парораспределение. Потери дросселирования в конденсационной и противодавленческой турбинах.
2. Конструкция корпусов паровых турбин. Диафрагмы.
3. Конденсационная паровая турбина при параметрах свежего пара  $p_{00} = 3,44$  МПа и  $t_{00} = 435$  °С выполнена с дроссельным парораспределением. Турбина работает с частичным пропуском пара  $G_1 = 0,70 \cdot G_0 = 2,80$  кг/с. Как при этом расходе пара изменится мощность турбины, если начальное давление пара снизится на  $\Delta p_0 = 0,30$  МПа? Если давление свежего пара возрастет на  $\Delta p_0 = 0,20$  МПа? Энтальпия свежего пара при этих изменениях давления остается неизменной.