



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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИАТЭ
Наименование института

С.О. Гапоненко

«17» 03 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Турбины ТЭС и АЭС

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
подготовки *(Код и наименование направления подготовки)*

Направленность(и) Технология производства электрической и тепловой
(профиль(и)) энергии на тепловых и атомных электростанциях

(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация Магистр
(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2026

Программу разработал(и):

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

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протоко ла	Подпись
Одобрена	Атомные и тепловые электрические станции	18.02.2026	8-25/26	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичирова Н. Д.
Согласована	Атомные и тепловые электрические станции	18.02.2026	8-25/26	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичирова Н. Д.
Согласована	Учебно- методический совет института ИАТЭ	17.03.2026	7	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института ИАТЭ	17.03.2026	8	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

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, теплового процесса и конструкции конденсатора турбин, а также пуска и останова паровых турбин ТЭС и АЭС.

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-3: Способен управлять технологи-ческими процессами и поддерживать эффективную эксплуатацию ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий.	ПК-3.2 –Способен управлять и поддерживать эффективную эксплуатацию паротурбинных установок ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: ТЭС и АЭС, Учебная практика (основы технологической деятельности), Учебная практика (практика по получению первичных навыков работы с программным обеспечением применительно к области (сфере) профессиональной деятельности), Производственная практика (технология производства энергии на ТЭС с ПГУ).

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Режимы работы и эксплуатации ТЭС и АЭС, Теплотехнические испытания оборудования паротурбинных установок ТЭС и АЭС, Комбинированные энергоустановки ТЭС, Производственная практика (эксплуатация паротурбинных установок ТЭС и АЭС), Производственная практика (эксплуатация ТЭС и АЭС).

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)	
			2	3
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	6	216	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА		71	33	38
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,3	48	24	24
Лекции	0,9	32	16	16
Практические (семинарские) занятия	0,4	16	8	8
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	4,7	168	84	84
Проработка учебного материала	3,7	132	84	48
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	0	36
Промежуточная аттестация:			3	Э

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоёмкости 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	24	4		2	18	ТК1	ПК-3.2 31
Раздел 2. Ступень турбины. Преобразование энергии в ступени	22	4		2	16		ПК-3.2 31
Раздел 3. Турбинные решётки. Определение размеров решёток в ступени	22	4		2	16	ТК2	ПК-3.2 31
Раздел 4. Относительный внутренний КПД ступени	20	2		2	16		ПК-3.2 31
Раздел 5. Многоступенчатые турбины	20	2		0	18	ТК3	ПК-3.2 31
Зачёт	0				0	ОМ 1	ПК-3.2 31
Итого за 2 семестр	108	16	0	8	84		
Раздел 6. Работа ступени и турбины при переменном режиме	16	2		4	10		ПК-3.2 31
Раздел 7. Системы парораспределения	8	2		0	6	ТК1	ПК-3.2 31

паровых турбин ТЭС и АЭС							
Раздел 8. Регулирование, маслоснабжение и защита турбин	22	6		4	18	ТК2	ПК-3.2 33, 34, У3
Раздел 9. Эксплуатация и техническое обслуживание паровых турбин ТЭС и АЭС	20	6		0	14	ТК3	ПК-3.2 31, 32, У1, У2, У3, У4, В1, В2, В3
Экзамен	36				36	ОМ 2	ПК-3.2 31, 32, 33, 34, У1, У2, У3, У4, В1, В2, В3
Итого за 3 семестр	108	16	0	8	84		
ИТОГО	216	32	0	16	168		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Турбины и турбинные установки.

Тема 1.1. Турбина - основной двигатель современной тепловой и атомной электростанции. Принцип действия турбины. Конструкции паровой и газовой турбин, компрессора. Показатели экономичности турбоустановок.

Тема 1.2. Пути повышения КПД паровой турбины. ГТУ и ПГУ. Классификация турбин.

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.

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. Меры борьбы с эрозионным 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. Условия работы последней ступени конденсационной турбины при переменном давлении за ступенью. Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении расхода рабочего тела, а также его параметров.

Раздел 7. Системы парораспределения паровых турбин ТЭС и АЭС.

Тема 7.1. Дроссельное парораспределение. Потери дросселирования в конденсационной и противодавленной турбинах. Сопловое парораспределение. Обводные клапаны в системах парораспределения. Изменение расхода пара через турбину методом скользящего давления.

Раздел 8. Регулирование, маслоснабжение и защита турбин.

Тема 8.1. Регулирование турбин. Задачи регулирования. Принципиальная схема и статическая характеристика регулирования. Синхронизатор. Виды систем регулирования паровых турбин.

Тема 8.2. Система защиты турбоагрегата и её элементы.

Тема 8.3. Система маслоснабжения паровой турбины и её элементы.

Раздел 9. Эксплуатация и техническое обслуживание паровых турбин ТЭС и АЭС.

Тема 9.1. Виды пусков паровых турбин. Технология пуска паровых турбин ТЭС и АЭС. Набор нагрузки. Работа на мощности. Условия немедленного останова паровой турбины.

Тема 9.2. Виды остановов паровой турбины. Технология планового останова паровой турбины. Аварийный останов турбины.

Тема 9.3. Техническое обслуживание паровых турбин ТЭС и АЭС.

3.4. Тематический план практических занятий

Раздел 1. Турбины и турбинные установки.

Тема 1.1. Турбины и турбинные установки.

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 6. Работа ступени и турбины при переменном режиме.
 Тема 6.1. Работа ступени при переменном режиме.
 Тема 6.2. Работа турбины при переменном режиме.
 Раздел 8. Регулирование, маслоснабжение и защита турбин.
 Тема 8.1. Определение характеристик системы регулирования.
 Тема 8.2. Расчёт элементов системы маслоснабжения.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

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-3	ПК-3.2	<p>знать:</p> <p>Схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах</p>	<p>Знает схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах. Не</p>	<p>Знает схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах. При ответе</p>	<p>Плохо знает схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах.</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки.</p>

		допускает ошибок.	может допустить несколько негрубых ошибок.	Допускает множество мелких ошибок.	
	Правила и инструкции по эксплуатации турбинного оборудования (пуск, останов, нагружение, техобслуживание)	Знает правила и инструкции по эксплуатации турбинного оборудования (пуск, останов, нагружение, техобслуживание). Не допускает ошибок.	Знает правила и инструкции по эксплуатации турбинного оборудования (пуск, останов, нагружение, техобслуживание). При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Плохо знает правила и инструкции по эксплуатации турбинного оборудования (пуск, останов, нагружение, техобслуживание). Допускает множество мелких ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки.
	Принципы работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит турбин (защита от разгона, осевого сдвига, понижения вакуума и др.).	Знает принципы работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит турбин (защита от разгона, осевого сдвига, понижения вакуума и др.). Не допускает ошибок.	Знает принципы работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит турбин (защита от разгона, осевого сдвига, понижения вакуума и др.). При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Плохо знает принципы работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит турбин (защита от разгона, осевого сдвига, понижения вакуума и др.). Допускает множество мелких ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки.
	Места установки и зоны действия систем автоматики, регулирования, защит турбины.	Знает места установки и зоны действия систем автоматики, регулирования,	Знает места установки и зоны действия систем автоматики, регулирования,	Плохо знает места установки и зоны действия систем автоматики, регулирования,	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает

		вания, защит турбины. Не допускает ошибок.	защит турбины. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	вания, защит турбины. Допускает множество мелких ошибок.	грубые ошибки.
	уметь:				
	Выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов.	Демонстрирует умение выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов. Не допускает ошибок.	Демонстрирует умение выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов. Допускает ряд небольших ошибок.	В целом демонстрирует умение выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме.	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов, допускает грубые ошибки.
	Осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку.	Демонстрирует умение осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку. Не допускает ошибок.	Демонстрирует умение осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку. Допускает ряд небольших ошибок.	В целом демонстрирует умение осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме.	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку, допускает грубые ошибки.
	Проводить проверки и опробования технологических защит	Демонстрирует умение проводить проверки и опробования	Демонстрирует умение проводить проверки и опробования	В целом демонстрирует умение проводить проверки	При решении типовых задач не демонстрирует

		и блокировок паровых турбин.	вания технологических защит и блокировок паровых турбин. Не допускает ошибок.	вания технологических защит и блокировок паровых турбин. Допускает ряд небольших ошибок.	и опробования технологических защит и блокировок паровых турбин, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме.	рует сформированное умение проводить проверки и опробования технологических защит и блокировок паровых турбин, допускает грубые ошибки.
		Использовать измерительные комплексы и ПО для обработки данных испытаний.	Демонстрирует умение использовать измерительные комплексы и ПО для обработки данных испытаний. Не допускает ошибок.	Демонстрирует умение использовать измерительные комплексы и ПО для обработки данных испытаний. Допускает ряд небольших ошибок.	В целом демонстрирует умение использовать измерительные комплексы и ПО для обработки данных испытаний, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме.	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение использовать измерительные комплексы и ПО для обработки данных испытаний, допускает грубые ошибки.
		владеть:				
		Навыками безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами	Продемонстрированы навыки безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами, без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы базовые навыки безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами, допущен	Имеется минимальный набор навыков безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами,	Не продемонстрированы базовые навыки безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными

				ряд мелких ошибок.	много ошибок.	картами, допущены грубые ошибки.
		Навыками анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин.	Продемонстрированы навыки анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин, без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы базовые навыки анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин, допущен ряд мелких ошибок.	Имеется минимальный набор навыков анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин, много ошибок.	Не продемонстрированы базовые навыки анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин, допущены грубые ошибки.
		Навыками выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки.	Продемонстрированы навыки выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки, без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы базовые навыки выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки, допущен ряд мелких ошибок.	Имеется минимальный набор навыков выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки, много ошибок.	Не продемонстрированы базовые навыки выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки, 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.

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. 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.

6. 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.

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 2.0.

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 библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, 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. 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					
2					
3					



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

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Турбины ТЭС и АЭС

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление
подготовки

13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
(Код и наименование направления подготовки)

Направленность(и)
(профиль(и))

Технология производства электрической и тепловой
энергии на тепловых и атомных электростанциях

(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

(Бакалавр / Магистр)

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-3	ПК-3.2	знать:				
		Схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах	Знает схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах. Не допускает ошибок.	Знает схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Плохо знает схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах. Допускает множество мелких ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки.
		Правила и инструкции по эксплуатации турбинного оборудования (пуск, останов, нагружение, техобслуживание)	Знает правила и инструкции по эксплуатации турбинного оборудования (пуск, останов, нагружение, техобслуживание). Не допускает ошибок.	Знает правила и инструкции по эксплуатации турбинного оборудования (пуск, останов, нагружение, техобслуживание). При ответе может допустить несколько негрубых	Плохо знает правила и инструкции по эксплуатации турбинного оборудования (пуск, останов, нагружение, техобслуживание). Допускает множество мелких ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки.

				ошибок.		
		Принципы работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит турбин (защита от разгона, осевого сдвига, понижения вакуума и др.).	Знает принципы работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит турбин (защита от разгона, осевого сдвига, понижения вакуума и др.). Не допускает ошибок.	Знает принципы работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит турбин (защита от разгона, осевого сдвига, понижения вакуума и др.). При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Плохо знает принципы работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит турбин (защита от разгона, осевого сдвига, понижения вакуума и др.). Допускает множество мелких ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки.
		Места установки и зоны действия систем автоматики, регулирования, защит турбины.	Знает места установки и зоны действия систем автоматики, регулирования, защит турбины. Не допускает ошибок.	Знает места установки и зоны действия систем автоматики, регулирования, защит турбины. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Плохо знает места установки и зоны действия систем автоматики, регулирования, защит турбины. Допускает множество мелких ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки.
		уметь:				
		Выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов.	Демонстрирует умение выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов. Не допускает ошибок.	Демонстрирует умение выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов. Допускает ряд небольших ошибок.	В целом демонстрирует умение выполнять переключения в тепловых схемах турбоагрегатов, допускает ошибки. Задание выполняет	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение выполнять переключения в тепловых схемах

					не в полном объеме.	турбо-агрегатов, допускает грубые ошибки.
		Осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку.	Демонстрирует умение осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку. Не допускает ошибок.	Демонстрирует умение осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку. Допускает ряд небольших ошибок.	В целом демонстрирует умение осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме.	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение осуществлять контроль параметров работы турбины и регулировать нагрузку, допускает грубые ошибки.
		Проводить проверки и опробования технологических защит и блокировок паровых турбин.	Демонстрирует умение проводить проверки и опробования технологических защит и блокировок паровых турбин. Не допускает ошибок.	Демонстрирует умение проводить проверки и опробования технологических защит и блокировок паровых турбин. Допускает ряд небольших ошибок.	В целом демонстрирует умение проводить проверки и опробования технологических защит и блокировок паровых турбин, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме.	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение проводить проверки и опробования технологических защит и блокировок паровых турбин, допускает грубые ошибки.
		Использовать измерительные комплексы и ПО для обработки данных испытаний.	Демонстрирует умение использовать измерительные комплексы	Демонстрирует умение использовать измерительные комплексы	В целом демонстрирует умение использовать измерительные	При решении типовых задач не демонстрирует

			и ПО для обработки данных испытаний. Не допускает ошибок.	и ПО для обработки данных испытаний. Допускает ряд небольших ошибок.	комплексы и ПО для обработки данных испытаний, допускает ошибки. Задание выполняет не в полном объеме.	сформированное умение использовать измерительные комплексы и ПО для обработки данных испытаний, допускает грубые ошибки.
владеть:						
	Навыками безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами	Продемонстрированы навыки безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами, без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы базовые навыки безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами, допущен ряд мелких ошибок.	Имеется минимальный набор навыков безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами, много ошибок.	Не продемонстрированы базовые навыки безопасной и экономичной эксплуатации турбоагрегатов в соответствии с графиками, инструкциями, режимными картами, допущены грубые ошибки.	
	Навыками анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин.	Продемонстрированы навыки анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин, без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы базовые навыки анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин, допущен ряд мелких	Имеется минимальный набор навыков анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин, много	Не продемонстрированы базовые навыки анализа данных измерений параметров в контрольных точках, результатов проверок, опробований, испытаний паровых турбин,	

				ошибок.	ошибок.	допущены грубые ошибки.
		Навыками выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки.	Продемонстрированы навыки выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки, без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы базовые навыки выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки, допущен ряд мелких ошибок.	Имеется минимальный набор навыков выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки, много ошибок.	Не продемонстрированы базовые навыки выполнения операций пуска/останова турбины, набора нагрузки, допущены грубые ошибки.

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение коллоквиумов в семестре; глубокое знание и понимание технологии производства электроэнергии и теплоты, принципа действия паровых турбин ТЭС и АЭС, схем, конструкций, характеристик, технико-экономических показателей и особенностей эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах, видов и принципа работы системы парораспределения паровых турбин ТЭС и АЭС, технологии пуска, останова, набора нагрузки паровой турбиной, порядка техобслуживания паровых турбин, принципов работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит паровых турбин, мест установки и зон действия систем автоматики, регулирования и защит турбин, схем, состава и принципа работы системы маслоснабжения паровых турбин, содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение коллоквиумов в семестре; знание и понимание технологии производства электроэнергии и теплоты, принципа действия паровых турбин ТЭС и АЭС, схем, конструкций, характеристик, технико-экономических показателей и особенностей эксплуатации турбинного оборудования в различных режимах, видов и принципа работы системы парораспределения паровых турбин ТЭС и АЭС, технологии пуска, останова, набора нагрузки паровой турбиной, порядка техобслуживания паровых турбин, принципов работы КИП, сигнализаций, блокировок и технологических защит паровых турбин, мест установки и зон действия систем автоматики, регулирования и защит турбин, схем, состава и принципа работы системы маслоснабжения паровых турбин, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение коллоквиумов;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение коллоквиумов в семестре.

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

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

2 семестр

Пример задания

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-3 Способен управлять технологическими процессами и поддерживать эффективную эксплуатацию ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий, ПК-3.2 Способен управлять и поддерживать эффективную эксплуатацию паротурбинных установок ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий.

Вопросы к коллоквиуму ТК1:

1. Как работает паровая турбина?
2. Как работает газовая турбина?
3. Какие типы паровых турбин ТЭС и АЭС вы знаете?
4. Из каких элементов состоит паровая турбина?
5. Как изменяется удельный объём пара и высота лопаток при продвижении пара от первой к последней ступени?
6. Какие конструктивные особенности паровых турбин АЭС вы знаете?
7. Какими КПД характеризуется работа паровой турбины?
8. Как определяется располагаемый тепलोперепад турбины?

9. Как определяется используемый теплоперепад турбины?
10. Какие способы повышения экономичности работы паровых турбин ТЭС и АЭС вы знаете?

Дополнительные баллы для текущего контроля ТК1

Вопросы на 5 дополнительных баллов:

1. Какое оборудование входит в состав паротурбинной установки ТЭС?
2. Для чего предназначен паровой котел и паровая турбина?
3. Для чего необходим конденсатор?
4. Какой пар используется в паровых турбинах ТЭС?
5. Какой пар используется в паровых турбинах АЭС?
6. По какому циклу работает паровая турбина ТЭС?
7. По какому циклу работает паровая турбина АЭС?
8. Из каких элементов состоит газотурбинная установка?
9. По какому циклу работает газотурбинная установка?
10. Как работает парогазовая установка?

Вопросы на 10 дополнительных баллов:

1. На что идёт количество теплоты, подведённой к рабочему веществу в паровом котле?
2. Чему равна полезная теоретическая работа 1 кг пара?
3. Что такое абсолютный или термический КПД идеальной турбоустановки?
4. Что такое относительный внутренний КПД турбины?
5. Что такое абсолютный внутренний КПД турбины?
6. Что такое относительный эффективный КПД паровой турбины?
7. Что такое абсолютный эффективный КПД паровой турбины?
8. Что такое механический КПД паровой турбины?
9. Что такое относительный электрический КПД паровой турбины?
10. Что такое абсолютный электрический КПД паровой турбины?

Вопросы на 15 дополнительных баллов:

1. Какие типы АЭС вы знаете?
2. Какое оборудование входит в состав паротурбинной установки АЭС?
3. Для чего предназначен ядерный реактор?
4. Для чего предназначен сепаратор-пароперегреватель?
5. Какие процессы входят в циклы паротурбинных установок ТЭС и АЭС?
6. Как влияет повышение начального давления на экономичность паротурбинной установки?
7. Как влияет повышение начальной температуры на экономичность паротурбинной установки?
8. Как осуществляется промежуточный перегрев пара и как он влияет на экономичность паротурбинной установки ТЭС?
9. Как осуществляется регенеративный подогрев питательной воды и как

он влияет на экономичность паротурбинной установки?

10. Что такое комбинированная выработка электроэнергии и теплоты?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-3 Способен управлять технологическими процессами и поддерживать эффективную эксплуатацию ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий, ПК-3.2 Способен управлять и поддерживать эффективную эксплуатацию паротурбинных установок ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий.

Вопросы к коллоквиуму *ТК2*:

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 определяется мощность и удельная работа турбинной ступени?
10. Какие ступени называют ступенями скорости?

Дополнительные баллы для текущего контроля ТК2

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. Как определяются относительный лопаточный КПД турбинной 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. Какие относительные размеры турбинных решёток вы знаете и как они определяются?
7. Что такое коэффициент потерь энергии?
8. Как возникают профильные потери?
9. Как возникают потери трения?
10. Как возникают волновые потери?

Вопросы на 15 дополнительных баллов:

1. Какие типы турбинных решёток вы знаете?
2. Какой диапазон чисел Маха соответствует дозвуковому режиму течения?
3. Какой диапазон чисел Маха соответствует околосзвуковому режиму течения?
4. Какой диапазон чисел Маха соответствует сверхзвуковому режиму течения?
5. Как маркируются сопловые решётки?
6. Что такое угол установки профиля?
7. Что такое эффективный угол выхода потока из решётки?
8. Что такое скелетный угол входа потока в решётку?
9. Что такое фронт турбинной решётки?
10. Что такое средняя линия профиля?

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ПК-3 Способен управлять технологическими процессами и поддерживать эффективную эксплуатацию ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий, ПК-3.2 Способен управлять и поддерживать эффективную эксплуатацию паротурбинных установок ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий.

Вопросы к коллоквиуму *ТКЗ*:

1. Какие потери учитывает относительный внутренний КПД ступени?
2. Как возникают потери на трение диска и лопаточного бандажа?
3. Как возникают потери с парциальным подводом пара?
4. Как возникают потери с утечками?
5. Как уменьшаются потери с утечками?
6. Какие виды уплотнений вы знаете?
7. Как возникают потери от влажности?
8. Что такое эрозионный износ рабочих лопаток?
9. Какие способы снижения эрозионного износа рабочих лопаток паровых турбин ТЭС вы знаете?
10. Как снижается влажность пара в паровых турбинах АЭС?

11. Какие турбины называются многоступенчатыми?
12. Какие преимущества и недостатки многоступенчатых турбин вы знаете?

Дополнительные баллы для текущего контроля ТКЗ

Вопросы на 5 дополнительных баллов:

1. Что такое мощность трения?
2. Как определяются потери от трения диска и лопаточного бандажа?
3. Какие потери входят в состав потерь с парциальным подводом пара?
4. Какие утечки пара существуют в турбинной ступени?
5. Какие потери входят в потери с влажностью?
6. Что такое коэффициент скольжения?
7. Как осуществляется процесс расширения пара в многоступенчатой турбине?
8. Как изменяются параметры пара при протекании его через проточную часть многоступенчатой паровой турбины?
9. Как осуществляется возврат теплоты в проточной части многоступенчатой паровой турбины?
10. Как работают концевые уплотнения турбины?

Вопросы на 10 дополнительных баллов

1. Как определяется относительный внутренний КПД турбинной ступени?
2. Как определяется мощность трения?
3. Как возникают потери с вентиляцией?
4. Как возникают сегментные потери?
5. Как определяется расход пара через уплотнение?
6. Как возникает явление переохладения пара при протекании влажного пара через проточную часть турбины?
7. В каком случае возникают адиабатные скачки уплотнения при протекании влажного пара через проточную часть турбины?
8. От чего зависит распределение влажности по высоте лопатки?
9. Что такое коэффициент возврата теплоты?
10. Как определяется КПД многоступенчатой турбины со ступенями одинаковой экономичности?

Вопросы на 15 дополнительных баллов

1. Как определяются потери с вентиляцией?
2. Как снижаются потери с вентиляцией?
3. Как определяются сегментные потери?
4. Какие типы лабиринтовых уплотнений вы знаете?
5. Что такое сотовые уплотнения и где они применяются?
6. Что такое коэффициент потерь от переохладения?
7. От чего зависит коэффициент потерь от переохладения?
8. К чему приводит оседание капель влаги на поверхностях лопаток и на

торцевых стенках канала решетки?

9. Что происходит с каплями влаги в каналах турбинных решёток?

10. Что является источником пара, подаваемого на концевые уплотнения паровых турбин АЭС?

Для промежуточной аттестации:

Промежуточная аттестация за 2 семестр осуществляется по результатам проводимых коллоквиумов и набора баллов. При наборе 55 баллов проставляется зачет.

3 семестр

Пример задания

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-3 Способен управлять технологическими процессами и поддерживать эффективную эксплуатацию ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий, ПК-3.2 Способен управлять и поддерживать эффективную эксплуатацию паротурбинных установок ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий.

Вопросы к коллоквиуму *ТК1*:

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. Что такое сетка расходов?

5. Как пользоваться сеткой расходов?

6. В каких условиях работает последняя ступень конденсационной турбины при переменном давлении за ступенью?

7. Как осуществляется дроссельное парораспределение?

8. Как осуществляется сопловое парораспределение?

9. Как осуществляется обводное наружное парораспределение?

10. Как осуществляется обводное внутреннее парораспределение?

Дополнительные баллы для текущего контроля ТК1

Вопросы на 5 дополнительных баллов:

1. Что такое угол атаки и как он определяется?

2. Какие режимные характеристики влияют на экономичность турбинной ступени?

3. Как определяется критический расход пара?

4. Как зависит критический расход пара от давления торможения перед

решёткой?

5. Как определяется расход пара через турбинную решётку при изменении давления за решёткой?

6. Как определяется расход пара через турбинную решётку при изменении давления перед решёткой?

7. Как определяется давление в регулирующей ступени турбины при переменном режиме?

8. Какие недостатки существуют у дроссельного парораспределения?

9. От чего зависят потери от дросселирования?

10. Какие недостатки существуют при парциальном подводе пара?

Вопросы на 10 дополнительных баллов

1. Как определяется расход пара через расширяющуюся решётку?

2. От чего зависит и как определяется предельное отношение давлений?

3. Чему равно критическое отношение давлений для перегретого пара?

4. Как выглядит процесс расширения пара в h, s -диаграмме для турбины с дроссельным парораспределением?

5. Что такое коэффициент дросселирования?

6. Почему дроссельное парораспределение не применяют на турбинах с противодавлением?

7. Как выглядит процесс расширения пара в h, s -диаграмме для потоков в регулирующей ступени при сопловом парораспределении?

8. Какое преимущество имеет сопловое парораспределение перед дроссельным?

9. В каком случае при изменении нагрузки турбины с сопловым парораспределением возникает наибольший располагаемый теплоперепад?

10. Как осуществляется регулирование мощности турбины способом скользящего давления?

Вопросы на 15 дополнительных баллов

1. При каком режиме расход пара в корневой зоне рабочей решётки станет равным нулю?

2. Как определяются потери с дросселированием для турбины с дроссельным парораспределением при её работе на частичной нагрузке?

3. Как определяется энтальпия смеси потоков пара в камере регулирующей ступени для турбины с сопловым парораспределением?

4. Какой режим по условиям прочности является наиболее тяжёлым для сопловых и особенно для рабочих лопаток регулирующей ступени турбины с сопловым парораспределением?

5. При какой нагрузке (расходе пара) включается в работу обводной клапан турбины с внутренним обводным парораспределением?

6. Как отразится снижение нагрузки на теплоперепаде и КПД турбины при регулировании мощности способом скользящего давления?

7. Как отразится применение регулирования мощности турбины способом скользящего давления на надёжности и долговечности поверхностей нагрева котла и паропроводов, идущих к турбине?

8. Как отразится применение регулирования мощности турбины способом скользящего давления на надёжности, маневренности и экономичности турбины?

9. Как определяется абсолютный внутренний КПД турбины при регулировании мощности способом скользящего давления?

10. Внутренняя мощность турбины при регулировании мощности способом скользящего давления будет больше или меньше мощности турбины с дроссельным парораспределением?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-3 Способен управлять технологическими процессами и поддерживать эффективную эксплуатацию ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий, ПК-3.2 Способен управлять и поддерживать эффективную эксплуатацию паротурбинных установок ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий.

Вопросы к коллоквиуму ТК2:

1. Для чего предназначена система регулирования?
2. Как работает простейшая система регулирования?
3. Что такое статическая характеристика регулирования?
4. Что такое степень неравномерности регулирования?
5. Что такое степень нечувствительности регулирования?
6. Какие системы регулирования вы знаете?
7. Как работает система регулирования с гидравлическими связями и быстроходным механическим регулятором скорости?
8. Как работает гидродинамическая система регулирования?
9. Что входит в состав электрогидравлической системы регулирования и как она работает?
10. Какими защитами снабжается паровая турбина?
11. Как работает система защиты от разгона?
12. Как работает система защиты от осевого сдвига ротора?
13. Как работает система защиты от повышения давления в конденсаторе?
14. Как работает система защиты от понижения давления масла в системе маслоснабжения?
15. Какие элементы входят в состав системы маслоснабжения паровой турбины?

Дополнительные баллы для текущего контроля ТК2

Вопросы на 5 дополнительных баллов:

1. С какой точностью должна поддерживаться частота электрической сети?

1. Как регламентируется ГОСТ степень неравномерности и степень нечувствительности?
2. Что такое статическое повышение частоты вращения?
3. Чему равна предельная частота вращения?
4. Для чего предназначен МУТ (синхронизатор)?
5. Из каких элементов состоит и как работает быстродействующий механический регулятор частоты вращения?
6. Что такое импеллер и для чего он предназначен?
7. Для чего предназначен дифференциатор?
8. При какой частоте вращения срабатывает автомат безопасности?
9. Из каких элементов состоит и как работает реле осевого сдвига?
10. Какие функции выполняет главный маслобак системы маслоснабжения турбины?

Вопросы на 10 дополнительных баллов

1. Что такое характеристика момента турбины?
2. Как отреагирует система автоматического регулирования турбины на сброс нагрузки?
3. Что будет происходить с частотой вращения ротора турбины при её работе с неравномерностью регулирования 8 %?
4. Что будет происходить с частотой вращения ротора турбины при её работе с неравномерностью регулирования 1 %?
5. Из-за чего возникает динамический заброс частоты вращения?
6. Чему равно суммарное повышение частоты вращения при сбросе нагрузки при нормальной работе системы регулирования турбины?
7. Как работает МУТ?
8. Из каких элементов состоит и как работает автомат безопасности конструкций ЛМЗ и ХТЗ?
9. При каком давлении в конденсаторе срабатывает вакуум-реле?
10. Какие типы систем маслоснабжения вы знаете?

Вопросы на 15 дополнительных баллов

1. Для чего предназначен и как работает отсечной золотник ГСР?
2. Для чего предназначен и как работает главный сервомотор?
3. Для чего предназначен и как работает золотник обратной связи?
4. Что представляет собой электрический датчик частоты вращения электрической части ЭГСР?
5. Из каких блоков состоит электрическая часть ЭГСР?
6. Для чего необходим электрогидравлический преобразователь?
7. Могут ли золотники автомата безопасности сместиться вверх без участия машиниста?
8. Для чего предназначен главный маслосос?
9. Для чего предназначен пусковой маслосос?
10. Для чего предназначен резервный маслосос?
11. Для чего предназначен аварийный маслосос?

12. Какую конструкцию имеет главный маслобак?
13. Для чего предназначены и как работают маслоохладители?
14. Для чего предназначены и как работают инжекторы?
15. Для чего необходимы аварийные ёмкости?

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ПК-3 Способен управлять технологическими процессами и поддерживать эффективную эксплуатацию ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий, ПК-3.2 Способен управлять и поддерживать эффективную эксплуатацию паротурбинных установок ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий.

Вопросы к коллоквиуму *ТКЗ*:

1. Какие виды пусков турбин вы знаете?
2. Что относится к основным изменениям механического состояния турбоагрегата при пуске и нагружении?
2. Какие явления возникают при нестационарном тепловом состоянии при пуске турбины?
3. На какие периоды делятся операции по пуску конденсационной турбины из холодного состояния?
4. Какие операции относятся к первому периоду пуска конденсационной турбины из холодного состояния?
5. Какие операции относятся ко второму периоду пуска конденсационной турбины из холодного состояния?
6. Какие операции относятся к третьему периоду пуска конденсационной турбины из холодного состояния?
7. Как осуществляется пуск турбин с противодавлением и турбин с регулируемым отбором пара?
8. Какие особенности пуска блочных паротурбинных установок вы знаете?
9. Как осуществляется пуск блочной паротурбинной установки с барабанным котлом при полном давлении пара за котлом?
10. Как осуществляется пуск блочной паротурбинной установки с барабанным котлом на скользящих параметрах пара?
11. Какие особенности пуска блоков с прямоточными котлами вы знаете?
12. Какие способы останова паровой турбины вы знаете?
13. Как осуществляется нормальный останов конденсационной паровой турбины в холодный резерв?
14. Как осуществляется нормальный останов конденсационной паровой турбины на короткое время (выходные)?
15. Как осуществляется нормальный останов конденсационной паровой турбины в ремонт?
16. Как осуществляется аварийный останов турбоагрегата?

17. Какие способы аварийного останова турбоагрегата вы знаете?
18. Как и в каких случаях осуществляется аварийный останов со срывом вакуума?
19. Как и в каких случаях осуществляется аварийный останов без срыва вакуума?
20. Как осуществляется текущее обслуживание системы регулирования паровой турбины?
21. Как осуществляется проверка работы системы защиты паровой турбины?
22. Как осуществляется обслуживание системы маслоснабжения паровой турбины?
23. Как осуществляется наблюдение за работающей турбиной?

Дополнительные баллы для текущего контроля ТКЗ

Вопросы на 5 дополнительных баллов:

1. От чего зависит безопасность турбины?
2. В чем необходимо убедиться при осмотре основного и вспомогательного оборудования турбоагрегата?
3. Какие контрольно-измерительные приборы необходимо проверить перед пуском турбины?
4. Какие средства сигнализации и связи подлежат проверке перед пуском турбины?
5. Как осуществляется проверка состояния и положения пароводяной арматуры?
6. Как осуществляется контроль теплового расширения цилиндров турбины, относительного удлинения роторов, осевого сдвига и температуры металла в контрольных точках?
7. Как осуществляется проверка готовности электрогенератора к пуску?
8. В каких случаях производится заполнение электрогенератора водородом?
9. Как осуществляется заполнение генератора водородом?
10. Как осуществляется подготовка к пуску масляной системы?

Вопросы на 10 дополнительных баллов

1. Как осуществляется опробование элементов управления и защиты паровой турбины?
2. Как осуществляется опробование действия защит и блокировок клапанов БРОУ и растопочных РОУ?
3. Как осуществляется подготовка к включению и включение валоповоротного устройства?
4. Как осуществляется подготовка и пуск конденсационной установки?
5. Как осуществляется подготовка и пуск воздухоотсасывающих устройств?
6. Как осуществляется подача пара на концевые уплотнения?

7. В каком случае категорически запрещается подача пара на уплотнения?
8. Как осуществляется подготовка к пуску регенеративной установки?
9. Как осуществляется включение в работу деаэратора?
10. Как осуществляется прогрев паропроводов?
11. Какими способами может быть произведен толчок ротора паром?
12. Как осуществляется прогрев турбины при малых числах оборотов?
13. Как осуществляется увеличение числа оборотов до рабочего?

Вопросы на 15 дополнительных баллов

1. Как осуществляется включение турбогенератора в параллельную работу?
2. Как осуществляется нагружение турбины?
3. Как осуществляется подключение подогревателей высокого давления (ПВД), испарителей и деаэратора?
4. Какие переключения производятся в схеме регенерации низкого и высокого давления при достижении 25 – 30 % нагрузки?
5. Какие операции проводят при достижении полной нагрузки?
6. Какие пусковые схемы используются при пуске блочных паротурбинных установок?
7. Какие операции включает в себя подготовка к нормальному останову паровой турбины?
8. Как осуществляется разгрузка турбины?
9. Какие операции необходимо произвести после отключения турбоагрегата с паровой и электрической стороны до момента полного останова ротора?
10. Что такое кривая выбега?
11. Как снимается кривая выбега и что она характеризует?
12. Какие величины должны быть регламентированы при останове турбины с принудительным расхолаживанием?
13. Как осуществляется проверка плотности стопорных, регулирующих и обратных клапанов?
14. Как осуществляется расхаживание клапанов?
15. Как осуществляется снятие статической характеристика системы регулирования турбины?

Примеры билетов на экзамен (2 семестр):

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. Рассчитать коэффициент возврата теплоты для ЧВД турбины АЭС К-1000-5,9/3000 ЛМЗ. Процесс расширения происходит полностью в области влажного пара. Заданы следующие условия: давление пара перед первой ступенью $p_0 = 5,76$ МПа; температура пара $t_0 = t_{0s} = 273$ °С; давление за последней ступенью ЧВД $p_z = 0,6$ МПа; температура за последней ступенью $t_{zt} = t_{zs} = 158,8$ °С. По данным теплового расчета ступеней известны значения η_{oi}^{CT} : для первой ступени $\eta_{oi}^{CT} = 0,842$; для последней пятой ступени $\eta_{oi}^{CT} = 0,781$.

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 η_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 η_{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. 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 η_i при переходе на новые начальные параметры: $p'_0 = 13$ МПа, $t'_0 = 565$ °С.

Билет № 14

1. Турбинные решётки. Геометрические и газодинамические 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 η_{os} и абсолютный электрический КПД η_e . Турбина работает без регенерации.

Примеры билетов на экзамен (3 семестр):

Билет № 1

1. Работа ступени при переменном режиме. Требования высокой надёжности и манёвренности, предъявляемые к современной турбине.
2. Наблюдение за работающей турбиной.
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 $F_1 = 206 \cdot 10^{-4}$ м². Коэффициент расхода $\mu_1 = 0,97$.

Билет № 2

1. Зависимость между расходом и параметрами пара перед и за решёткой. Сетка расходов А.В. Шегляева.
2. Обслуживание систем маслоснабжения и смазки.
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 № 3

1. Условия работы последней ступени конденсационной турбины при переменном давлении за ступенью.
2. Испытания системы регулирования.
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 № 4

1. Дроссельное парораспределение. Потери дросселирования в конденсационной и противодавленческой турбинах.
2. Проверка работы системы защиты.
3. Параметры пара перед соплами: $p_0 = 4$ МПа, $t_0 = 450^\circ$ С. Расход пара $G = 5$ кг/с. Определить расход пара при новых начальных параметрах: $p_{01} = 2,5$ МПа и $t_{01} = 410^\circ$ С. Противодавление $p_1 = 1,6$ МПа остается постоянным.

Билет № 5

1. Сопловое парораспределение. Распределение расхода пара и давлений в группах сопел регулирующей ступени.
2. Расхаживание стопорных и регулирующих клапанов турбины.
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. Противодавление $p_1 = 9,55$ МПа остается постоянным. Изменением начальной температуры пренебречь.

Билет № 6

1. Применение обводных клапанов в системе парораспределения.
2. Проверка плотности стопорных, регулирующих и обратных клапанов.
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 № 7

1. Изменение расхода пара через турбину методом скользящего давления.
2. Текущее обслуживание системы регулирования паровой турбины.
3. Параметры пара перед суживающейся сопловой решеткой $\bar{p}_0 = 10,5$ МПа, $\bar{t}_0 = 540$ °С. Расход пара $G = 20,00$ кг/с. Определить расход пара при новых начальных параметрах: $\bar{p}_{01} = 8,8$ МПа и $\bar{t}_{01} = 510$ °С. Противодействие $p_1 = 7,5$ МПа поддерживается постоянным.

Билет № 8

1. Задачи регулирования. Принципиальная схема и статическая характеристика регулирования.
2. Задачи обслуживания паровых турбин.
3. Определить диапазон изменения частоты вращения ротора паровой турбины при изменении нагрузки от холостого хода до максимальной, если степень неравномерности регулирования составляет $\delta = 5\%$, а номинальная частота вращения – $n_0 = 50$ с⁻¹.

Билет № 9

1. Сервомоторное регулирование. Система регулирования с быстроходным регулятором скорости и гидравлическими связями.
2. Аварийный останов паровой турбины..
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 № 10

1. Параллельная работа турбогенераторов. Синхронизатор и его роль.

2. Нормальный останов паровой турбины.

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 № 11

1. Гидродинамическая система регулирования.

2. Особенности пуска энергоблоков с прямоточными котлами.

3. Определить статическое повышение частоты вращения, если степень неравномерности регулирования составляет $\delta = 4$ %, а номинальная частота вращения – $n_0 = 50$ с⁻¹.

Билет № 12

1. Электрогидравлическая система регулирования.

2. Пуск блочной турбоустановки с барабанным котлом.

3. Определить изменение мощности турбоагрегата при изменении частоты сети на $\Delta f = 0,1$ Гц. Электрическая мощность турбоагрегата составляет $N_3 = 500$ МВт, степень неравномерности регулирования – $\delta = 5$ %.

Билет № 13

1. Система защиты турбины. Защита турбины от разгона.

2. Особенности пуска блочных паротурбинных установок.

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.

Билет № 14

1. Система защиты турбины. Защита турбины от осевого сдвига ротора.
2. Пуск турбин с противодавлением и турбин с регулируемым отбором пара.
3. Определить колебания нагрузки турбоустановки, мощностью 1000 МВт, если степень неравномерности регулирования составляет $\delta = 4 \%$, а степень нечувствительности $\varepsilon = 0,06 \%$.

Билет № 15

1. Система защиты турбины. Защита турбины от повышения давления в конденсаторе.
2. Пуск конденсационных паровых турбин из холодного состояния.
3. Энергосистема состоит из трёх турбогенераторов, два из которых имеют мощность $N_{\varepsilon 1} = N_{\varepsilon 2} = 1000$ МВт, а третий $N_{\varepsilon 3} = 500$ МВт, а неравномерность их регулирования равна $\delta_1 = 5 \%$, $\delta_2 = \delta_3 = 4 \%$. Частота вращения турбоагрегатов $n_0 = 50 \text{ с}^{-1}$ обеспечивается работой всех трёх турбоагрегатов при номинальной нагрузке. Определить, как изменится мощность всех турбоагрегатов при отключении от сети потребителя мощностью 220 МВт.