

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Мицзаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 19.01.2021

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a88865a5823191a4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М. Д. Миллионщикова



« 02 » 09 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ТУРБИНЫ ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ»

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль)

«Тепловые электрические станции»

Квалификация

Бакалавр

Год начала подготовки

Грозный – 2021

1. Цели и задачи дисциплины:

Основная цель курса: «Турбины тепловых и атомных электрических станций»

является формирование у студентов необходимых знаний конструкций, расчетов турбин ТЭС и АЭС, а также выработка умения надежной эксплуатации этого оборудования, изучение методов расчета, проектирования и эксплуатации турбин тепловых электростанций.

Задачи дисциплины: представить информацию о применяемых на ТЭС и АЭС турбинах и режимах их работы, методах расчета и проектирования; научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации турбин ТЭС и АЭС; дать информацию о надежности и экономичности этого основного оборудования, предоставить данные о способах контроля и регулирования при работе турбин и правилах их технической эксплуатации и ремонта.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Турбины тепловых и атомных электрических станций» является дисциплиной обязательной частью в учебном плане ОП направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и предусмотрена для изучения в 7 и 8 семестрах, базируется на знании общетехнических и специальных дисциплин: Химия, Физика, Математика, Механика, Техническая термодинамика, Гидрогазодинамика.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций.

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
Общепрофессиональные		
<p>ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.</p>	<p>ОПК-3.3. Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем;</p> <p>ОПК-3.4. Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений;</p> <p>ОПК-3.5. Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей;</p> <p>ОПК-3.6. Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы;</p> <p>ОПК-3.7. Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках.</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации энергетических турбин для ТЭС и АЭС; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи; – использовать стандартные программы расчетов базовых характеристик энергетических турбин и турбомашин парогазовых установок и доводке технологии; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – терминологией в области турбостроения и теплоэнергетики; – навыками применения полученной информации при выборе типа и мощности турбин, условий их эксплуатации;
Профессиональные		
<p>ПК-2. Готовностью к участию в организации контроля за работой приборов и</p>	<p>ПК-2.1. Демонстрирует знание метрологического обеспечения технологических процессов ОПД;</p> <p>ПК-2.2. Использует типовые</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – конструкции турбин современных энергоблоков ТЭС и АЭС; – особенности применения турбомашин в составе

<p>оборудования и метрологического обеспечения технологических процессов ОПД при использовании типовых методов.</p>	<p>методы расчета и схемы метрологического обеспечения технологических процессов ОПД.</p>	<p>парогазовых установок.</p> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить расчеты по типовым методикам и проектировать отдельные детали и узлы с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием; – осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы; – анализировать информацию о новых технологиях в турбостроении. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией об основных технических параметрах турбинного оборудования электростанций для использования при формировании тепловых схем энергоблоков, реконструкции и модернизации существующих турбоустановок.
---	---	---

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов/ зач.ед.		Семестры				
	ОФО	ЗФО	7	8	7	8	
			ОФО		ЗФО		
Контактная работа (всего)	116/3,2	30/0,8	68/1,9	48/1,3	14/0,4	16/0,44	
В том числе:							
Лекции	58/1,6	16/0,44	34/1,0	24/0,7	8/0,22	8/0,22	
Практические занятия	58/1,6	14/0,4	34/1,0	24/0,7	6/0,17	8/0,22	
Семинары							
Лабораторные работы							
Самостоятельная работа (всего)	136/3,8	222/6,2	76/2,1	60/1,7	130/3,7	92/2,6	
В том числе:							
Курсовая работа (проект)							
Расчетно-графические работы	28/0,7	78/2,2	22/0,6	6/0,17	58/1,6	20/0,55	
Темы для самостоятельного изучения	36/1	36/1	18/0,5	18/0,5	18/0,5	18/0,5	
Рефераты							
Доклады							
Презентации							
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>							
Подготовка к лабораторным работам							
Подготовка к практическим занятиям	36/1	36/1	18/0,5	18/0,5	18/0,5	18/0,5	
Подготовка к зачету	18/0,5	36/1,0	18/0,5		36/1,0		
Подготовка к экзамену	18/0,5	36/1,0		18/0,5		36/1,0	
Вид отчетности	экзамен	экзамен	зачет	экзамен	зачет	Экзамен	
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО часов ^в	252	252	144	108	144	108
	ВСЕГО в зач. единицах	7	7	4	3	4	3

5. Содержание дисциплины

5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3.1 (7 семестр)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
1	Общая характеристика турбин ТЭС и АЭС	2	2			4	2	4	4
2	Влияние основных параметров пара на работу ПТУ. Классификация турбин	4		4	4	8			
3	Турбинные ступени, их расчет и проектирование	4		6	10				
4	Методика расчета турбинной ступени. Тепловой аэродинамический расчет турбинной ступени	4	2			6	2	10	4
5	Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин	2		4	6				
6	Конструкции и основы проектирования паровых турбин	2		2	4				
7	Основные расчеты при проектировании паровой турбины. Расчет на прочность. Обеспечение надежности турбин	4		2	2	1		6	
8	Переменные режимы работы паровых турбин	4			2	6			
9	Системы парораспределения паровых турбин	2			2	4			
10	Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии.	4	2			1	1	6	3
11	Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения паровых турбин	2		1	6				
ИТОГО:		34	8			34	6	68	14

Таблица 3.2 (8 семестр)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
12	Конденсационные установки паровых турбин и основы их эксплуатации. Конденсатные и циркуляционные насосы.	4	2			4	2	8	4
13	Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов	4				4		8	
14	Конструкции и оценки надежности элементов валопровода турбоагрегата	4	2			2	4	6	6
15	Основа эксплуатации, регулирования и ремонта паровых турбин. Рабочий процесс многоступенчатой паровой турбины	4				2		6	
16	Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ.	2	4			4	4	6	8
17	Компрессоры ГТУ. Переменные режимы эксплуатации ГТУ	4				4		8	
18	Турбомашинные парогазовых установок, их конструкции и особенности выбора	2				4		6	
ИТОГО:		24	8			24	8	48	16

5.2 Лекционные занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
7 семестр		
1	Общая характеристика турбин ТЭС и АЭС	Предмет и задачи курса. Классификация электрических станций и паровых турбин. Паровые турбины ТЭС и АЭС и сведения об их конструкциях. История развития турбостроения. Особенности тепловых схем паротурбинных установок ТЭС и АЭС. Место паровой турбины в термодинамическом цикле. Показатели экономичности паровых турбин и турбоустановок.

2	Влияние основных параметров пара на работу ПТУ. Классификация турбин.	<p>Принцип действия паровой турбины. Типовые турбины. Принципиальные схемы энергетических установок ТЭС и АЭС. Влияние основных параметров пара на эффективность паротурбинной установки. Влияние конечного давления на эффективность работы турбоустановок. Циклы паротурбинных установок. КПД турбины. Промежуточный перегрев пара. Регенеративный подогрев питательной воды. Понятие мощности. Абсолютные и относительные КПД. Условные обозначения турбин.</p>
3	Турбинные ступени, их расчет и проектирование	<p>Тепловой процесс турбинной ступени. Основные уравнения потока для сжимаемой жидкости. Характеристики потока при расширении газа в каналах. Параметры полного торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока. Определение выходной скорости при расширении газа в неподвижном канале. Критические параметры и критическая скорость. Критический расход. Приведенный расход. Изменение проходного сечения канала в зависимости от относительного давления. Расширение газа в каналах с потерями располагаемой энергии. Суживающиеся и расширяющиеся каналы. Формы каналов турбинных решеток. Отклонение потока в косом срезе турбинных решеток. Предельное отклонение в косом срезе. Геометрические и газодинамические характеристики решеток турбинных профилей. Конструкция ступени осевого типа. Система уравнений для расчетов термо- и газодинамических процессов в проточной части турбинной ступени. Тепловая диаграмма процессов преобразования энергии в турбинных решетках. Степень реактивности турбинной ступени. Треугольники скоростей и методика их расчета. Мощность и экономичность турбинных ступеней: уравнения для расчетов усилий и мощности турбинной ступени; относительный лопаточный КПД ступени; двухвенечные ступени скорости. Выбор турбинных решеток для турбинных ступеней.</p>

4	<p>Методика расчета турбинной ступени. Тепловой аэродинамический расчет турбинной ступени</p>	<p>Методика теплового и аэродинамического расчета турбинной ступени. Зависимость относительного внутреннего КПД ступени от параметра $u/c_{ф}$. Располагаемые теплоперепады ступени, сопловой и рабочей решеток. Преобразование энергии на рабочих лопатках. Окружное и осевое усилие потока на лопатках. Мощность ступени. Удельная работа. Потери располагаемой энергии в соплах, на рабочих лопатках и с выходной скоростью. Определение выходной относительной скорости потока из вращающегося канала рабочих решеток. Методика расчета турбинной ступени: выбор исходных характеристик и параметров турбинной ступени; методика расчета турбинной ступени с $d/l \approx 10 \dots 13$; особенности расчета и проектирования ступеней с длинными лопатками; законы закрутки турбинных лопаток.</p> <p>Выбор характеристик ступени. Определение основных геометрических параметров. Степень парциальности. Расчет решеток при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях. Использование аэродинамических характеристик решеток при их расчете. Нормали на профили сопловых и рабочих лопатках. Условные обозначения типов профилей.</p> <p>Особенности расчета ступени с «длинными» лопатками. Понятие «длинных» лопаток. Изменение реактивности по высоте лопатки. Методы профилирования длинных лопаток. Конструктивное выполнение сопловых и рабочих лопаток. Типы хвостовиков и бандажей.</p> <p>Изображение процесса расширения пара в hs - диаграмме для ступени.</p>
5	<p>Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин</p>	<p>Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин. Назначение турбинных ступеней скорости. Тепловой процесс и КПД турбинной ступени скорости. Оптимальное отношение скоростей для турбинной ступени скорости. Определение скоростей на выходе из решеток и потерь располагаемой энергии. Изображение процесса расширения в турбинной ступени скорости в hs - диаграмме.</p> <p>Дополнительные потери ступени. Внутренняя работа потока, относительный внутренний КПД ступени. Оптимальная степень парциальности ступени.</p> <p>Назначение и типы уплотнений в турбине и требования к ним. Схема лабиринтового уплотнения. Течение пара через уплотнение. Процесс расширения пара в уплотнении в hs - диаграмме. Определение протечки пара через лабиринтовое уплотнение.</p> <p>Изображение процесса расширения пара в hs - диаграмме для ступени.</p> <p>Примеры конструктивного выполнения осевых ступеней.</p>

6	Конструкции и основы проектирования паровых турбин	<p>Компоновки паровых турбин различного назначения. Основы выбора конструкции турбин. Деление ступеней конденсационных турбин на группы. Способы увеличения предельной мощности. Однопоточные и многопоточные, одновальные и многовальные турбины. Расчетная мощность турбины. Выбор теплоперепада и типа регулирующей ступени. Предварительная оценка размеров первой и последней нерегулируемых ступеней. Определение числа ступеней и распределение теплоперепада между ними. Особенности расчета ступеней отдельных групп конденсационных турбин. Приближенная оценка КПД турбоагрегата и отдельных отсеков проточной части турбины. Выбор частоты вращения, числа валов и цилиндров турбины. Осевые усилия в турбинах и способы их уравнивания. Обзор конструкций конденсационных турбин.</p>
7	Основные расчеты при проектировании паровой турбины. Расчет на прочность. Обеспечение надежности турбин	<p>Основные расчеты при проектировании многоцилиндровой паровой турбины. Построение процесса расширения пара в проточной части турбины и оценки его расхода для реализации требуемой мощности турбоагрегата. Расчет числа ступеней и распределение теплоперепадов по ступеням турбины. Выбор частоты вращения валопровода турбоагрегатов. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин. Расчет осевых усилий в валопроводе турбоагрегата и способы их компенсации. Выбор конструкции роторов ЦВД, ЦСД и ЦНД турбин и их уплотнений. Требования ГОСТ к конструкциям турбин. Примеры исполнения конденсационных паровых турбин ТЭС и АЭС.</p>
8	Переменные режимы работы паровых турбин	<p>Общая характеристика переменных режимов: Понятие переменного (нерасчетного) режима турбинных решеток и турбинной ступени. Особенности переменного режима турбинной ступени с $\theta_2 = d_2/l_2 < 10$. Переменный режим работы группы ступеней. Закон Стодолы–Флюгеля. Переменный режим суживающихся и расширяющихся решеток. Маневренность и программы регулирования энергоблоков. Холостой ход турбоагрегата. Моторный режим. Режим горячего вращающегося резерва. Сетка относительных расходов. Предельное отношение давлений для расширяющейся решетки. Изменение степени реакции и расхода пара через ступень. КПД ступени при изменении режима ее работы. Детальный расчет переменного режима работы ступени. Приближенные методы расчета. Условия работы регулирующих и последних ступеней турбин при переменном пропуске пара. Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении режима работы. Влияние отклонения начальных параметров водяного пара, параметров промпрегрева и давления в конденсаторе на мощность турбин.</p>

9	Системы парораспределения паровых турбин	<p>Способы (системы) парораспределения паровых турбин. Дроссельное парораспределение. Сопловое парораспределение. Обводное парораспределение. Тепловой процесс турбины при переменном пропуске пара в различных системах парораспределения. Распределение потоков пара между сопловыми сегментами. Изменение давлений пара за регулирующими клапанами и в камере регулирующей ступени при переменных расходах пара. Выбор системы парораспределения. Регулирование мощности турбины способом скользящего давления. Диаграмма режимов конденсационной турбины. Расход пара на холостой ход. Изменение экономичности и надежности. Изменение температуры свежего пара и промежуточного перегрева. Влияние давления отработавшего пара. Универсальная зависимость изменения мощности конденсационной турбины от конечного давления. Осевые усилия турбины при переменном режиме.</p>
10	Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии.	<p>Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии:</p> <ul style="list-style-type: none"> - турбины с противодавлением; - турбины с промежуточным регулируемым отбором пара (тип Т) и диаграммы режимов, процессы расширения пара в h_s - диаграмме, диаграммы режимов, конструктивное оформление турбин, поворотные диаграммы; турбины с двумя регулируемыми отборами пара (тип ПТ), диаграммы режимов; - турбины с двухступенчатым отопительным отбором пара. <p>Энергетические характеристики теплофикационных паровых турбин. Конструкции теплофикационных турбин.</p>
11	Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения паровых турбин	<p>Системы автоматического регулирования: основные задачи САР и принципиальная схема САР турбоагрегата; статическое и астатическое регулирование; параллельная работа турбоагрегатов в сети; схемы САР конденсационных и теплофикационных турбин.</p> <p>Системы аварийной защиты турбоагрегатов: основные системы защиты паровых турбин; особенности систем защиты для конденсационных и теплофикационных турбин; требования ГОСТ к системам регулирования и защиты турбоагрегатов.</p> <p>Системы маслоснабжения паровых турбин и основные требования к ним. Схемы маслоснабжения; эксплуатация турбинных масел. Конструкции подшипников валопровода паровых турбин. Аварийная смазка турбин. Турбинное масло. Элементы систем маслоснабжения.</p>
8 семестр		

1	2	3
12	<p>Конденсационные установки паровых турбин и основы их эксплуатации. Конденсатные и циркуляционные насосы.</p>	<p>Назначение конденсационных устройств. Типы конденсаторов. Конструкция поверхностного конденсатора. Конденсационные установки паровых турбин. Схема конденсационной установки и устройство конденсатора. Тепловые процессы в конденсаторе. Тепловой баланс конденсатора. Температура конденсата и его переохлаждение. Порядок теплового расчета конденсатора. Расчет поверхности охлаждения.</p> <p>Компоновки и конструкции конденсаторов паровых турбин. Принципы рациональной компоновки трубного пучка. Построение тепловых характеристик конденсатора при изменении расхода пара, температуры и расхода охлаждающей воды.</p> <p>Гидравлическое сопротивление конденсатора. Методика расчета конденсатора. Основы эксплуатации конденсационных установок. Воздухоотсасывающие устройства. Характеристика пароструйного эжектора. Конденсатные и циркуляционные насосы. Конструкции насосов.</p>
13	<p>Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов</p>	<p>Вибрационная надежность турбоагрегатов. Высокочастотная вибрация турбоагрегата. Низкочастотная вибрация. Вибрация оборотной частоты турбоагрегата. Контроль и нормы вибрации турбоагрегата. Методы предупреждения повышенной вибрации валопровода. Существующие системы вибромониторинга и диагностики.</p> <p>Колебания лопаточного аппарата турбин. Расчеты на прочность основных деталей статора турбины. Конструкции корпусов, их материал и расчет. Обоймы. Тепловые расширения. Расчет фланцевого соединения. Сопловые и направляющие лопатки. Сопловые сегменты. Конструкции и материал диафрагм. Крепление диафрагм. Расчет диафрагм. Диафрагменные уплотнения. Конструкции концевых уплотнений турбин. Трубопроводы концевых уплотнений. Системы парораспределения турбин. Опорные подшипники и их конструкции. Расчет опорного подшипника. Крепление.</p> <p>Упорные подшипники и их конструкции. Организация температурных расширений ротора и статора турбины. Относительные удлинения. Фикс-пункт турбины.</p>
14	<p>Конструкции и оценки надежности элементов валопровода турбоагрегата</p>	<p>Конструкции и оценки надежности элементов валопровода турбоагрегата. Конструкции и материал рабочих лопаток. Концевая часть лопаток и бандажи. Хвостовики лопаток. Замковые соединения. Расчет лопаток на прочность. Вибрация лопаток. Отстройка лопаток от опасных вибраций. Роторы турбин и их конструкции. Крепление деталей на валу. Расчет дисков на прочность. Расчет вала на прочность. Критическая частота вращения ротора. Материалы дисков, валов, цельникованных роторов. Соединительные муфты. Валоповоротное устройство.</p>
1	2	3

15	<p>Основы эксплуатации, регулирования и ремонта паровых турбин. Рабочий процесс многоступенчатой паровой турбины</p>	<p>Основы эксплуатации турбоагрегатов: задачи эксплуатации и критерии надежности в работе турбин; особенности пусков и останова турбин.</p> <p>Схема устройства активной и реактивной турбины. Понятие регулируемых и не регулируемых ступеней.</p> <p>Использование потери с выходной скоростью в ступенях. Коэффициент возврата тепла. Потери от дросселирования вне проточной части турбины.</p> <p>Основные преимущества многоступенчатых турбин.</p> <p>Эрозия рабочих лопаток и способы борьбы с ней.</p> <p>Концевые уплотнения турбин. Схема отвода и подвода пара в уплотнении. Типы концевых уплотнений.</p> <p>Задачи регулирования турбин. Уравнение моментов турбогенератора. Условие постоянства частоты вращения.</p> <p>Принципиальные схемы регулирования. Основные элементы систем регулирования. Регуляторы скорости. Золотники. Сервомоторы. Обратная связь. Механизм управления (синхронизатор). Регулирующие клапаны.</p> <p>Статистическая характеристика регулирования.</p> <p>Степень неравномерности и нечувствительности.</p> <p>Рациональная форма статической характеристики.</p> <p>Работа регулирования при параллельном включении генераторов.</p> <p>Основы статистического проектирования регулирования.</p> <p>Переходные процессы регулирования турбин.</p> <p>Особенности регулирования теплофикационных турбин.</p> <p>Поворотные диафрагмы.</p> <p>Особенности регулирования турбин с промежуточным перегревом.</p> <p>Задачи и виды защит паровых турбин. Защита от повышения скорости вращения. Реле осевого сдвига.</p> <p>Предохранительные и обратные клапаны.</p> <p>Стопорные и отсеченные клапаны. Сервомоторы клапанов.</p> <p>Основы ремонта паровых турбин: характерные неполадки при эксплуатации паровых турбин; организация ремонта паротурбинных агрегатов.</p>
16	<p>Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ.</p>	<p>Энергетические газотурбинные установки. Общие сведения об энергетических ГТУ. Термодинамический цикл и схемы ГТУ. Применение ГТУ в тепловых электростанциях ГТУ-ТЭЦ. Показатели экономичности ГТУ и способы их повышения.</p> <p>Газовые турбины: процесс расширения в газовой турбине и выбор числа ее ступеней; особенности турбинных ступеней газовой турбины; методика расчета проточной части; системы охлаждения газовых турбин. Схемы и циклы ГТУ.</p> <p>Основные показатели, характеризующие ГТУ, и способы повышения их экономичности. Одновальные ГТУ с регенерацией. Сложные и многовальные ГТУ.</p> <p>Парогазовые установки.</p>

17	Компрессоры ГТУ. Переменные режимы эксплуатации ГТУ	Компрессоры ГТУ: конструкция осевого компрессора; процессы в проточной части компрессорных ступеней и оценки их числа; режимы работы и характеристики осевых компрессоров ГТУ; явление помпажа; конструкции камер сгорания. Переменные режимы эксплуатации ГТУ: переменные режимы ГТУ; пуск газотурбинных установок; системы защиты и автоматического регулирования ГТУ
18	Турбомашины парогазовых установок, их конструкции и особенности выбора	Парогазовые установки: тепловые схемы, состав и показатели экономичности ПГУ; Особенности параметров паровых и газовых турбин для парогазовых установок с одно, двух и трехконтурными котлами-утилизаторами. Паровые турбины для ПГУ: особенности расчета и проектирования паровых турбин для ПГУ; конструкции турбин для ПГУ утилизационного типа; конструкции турбин для теплофикационных парогазовых установок.

5.4 . Практические (семинарские) занятия

Таблица 5.1 (7 семестр)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Общая характеристика турбин ТЭС и АЭС	Место паровой турбины в термодинамическом цикле. Показатели экономичности паровых турбин и турбоустановок.
2	Влияние основных параметров пара на работу ПТУ. Классификация турбин.	Влияние основных параметров пара на эффективность паротурбинной установки. Влияние конечного давления на эффективность работы турбоустановок.
3	Методика расчета турбинной ступени. Тепловой аэродинамический расчет турбинной ступени	Изменение реактивности по высоте лопатки. Методы профилирования длинных лопаток.
5	Основные расчеты при проектировании паровой турбины. Расчет на прочность. Обеспечение надежности турбин	Построение процесса расширения пара в проточной части турбины и оценки его расхода для реализации требуемой мощности турбоагрегата.
6	Переменные режимы работы паровых турбин	Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении режима работы.

5.4 . Практические (семинарские) занятия

Таблица 5.2 (8 семестр)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
-------	---------------------------------	--------------------

1	Конденсационные установки паровых турбин и основы их эксплуатации. Конденсатные и циркуляционные насосы.	Схема конденсационной установки и устройство конденсатора. Тепловые процессы в конденсаторе Тепловой баланс конденсатора. Температура конденсата и его переохлаждение. Порядок теплового расчета конденсатора. Расчет поверхности охлаждения.
2	Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов	Расчеты на прочность основных деталей статора турбины. Конструкции корпусов, их материал и расчет. Обоймы. Тепловые расширения. Расчет фланцевого соединения.
3	Конструкции и оценки надежности элементов валопровода турбоагрегата	Расчет лопаток на прочность. Вибрация лопаток. Отстройка лопаток от опасных вибраций. Роторы турбин и их конструкции. Крепление деталей на валу. Расчет дисков на прочность. Расчет вала на прочность.
4	Основа эксплуатации, регулирования и ремонта паровых турбин. Рабочий процесс многоступенчатой паровой турбины	Принципиальные схемы регулирования. Основные элементы систем регулирования. Регуляторы скорости. Золотники. Сервомоторы. Обратная связь. Механизм управления (синхронизатор). Регулирующие клапаны. Статистическая характеристика регулирования.
5	Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ.	Газовые турбины: процесс расширения в газовой турбине и выбор числа ее ступеней; особенности турбинных ступеней газовой турбины; методика расчета проточной части; системы охлаждения газовых турбин. Схемы и циклы ГТУ.
6	Компрессоры ГТУ. Переменные режимы эксплуатации ГТУ	Переменные режимы эксплуатации ГТУ: переменные режимы ГТУ; пуск газотурбинных установок; системы защиты и автоматического регулирования ГТУ
7	Турбомашин парогазовых установок, их конструкции и особенности выбора	Особенности параметров паровых и газовых турбин для парогазовых установок с одно, двух и трехконтурными котлами-утилизаторами. Паровые турбины для ПГУ: особенности расчета и проектирования паровых турбин для ПГУ;

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

6.1 Вопросы для самостоятельного изучения

Таблица 6

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Принцип действия паровой турбины. Типовые турбины. Принципиальные схемы энергетических установок ТЭС и АЭС. Влияние основных параметров пара на эффективность паротурбинной установки.
2	Конструктивное выполнение сопловых и рабочих лопаток. Типы хвостовиков и бандажей. Изображение процесса расширения пара в hs - диаграмме для ступени.
3	Назначение и типы уплотнений в турбине и требования к ним. Схема лабиринтового уплотнения. Течение пара через уплотнение. Процесс расширения пара в уплотнении в hs -диаграмме. Определение протечки пара через лабиринтовое уплотнение.
4	Компоновки паровых турбин различного назначения. Основы выбора конструкции турбин. Деление ступеней конденсационных турбин на группы. Способы увеличения предельной мощности. Однопоточные и многопоточные, одновальные и многовальные турбины.

5	Основные расчеты при проектировании многоцилиндровой паровой турбины. Построение процесса расширения пара в проточной части турбины и оценки его расхода для реализации требуемой мощности турбоагрегата.
6	Способы (системы) парораспределения паровых турбин. Дроссельное парораспределение. Сопловое парораспределение. Обводное парораспределение. Тепловой процесс турбины при переменном пропуске пара в различных системах парораспределения.
7	Энергетические характеристики теплофикационных паровых турбин. Конструкции теплофикационных турбин.
8	Схемы маслоснабжения; эксплуатация турбинных масел. Конструкции подшипников валопровода паровых турбин. Аварийная смазка турбин. Турбинное масло. Элементы систем маслоснабжения.
9	Назначение конденсационных устройств. Типы конденсаторов. Конструкция поверхностного конденсатора. Конденсационные установки паровых турбин. Схема конденсационной установки и устройство конденсатора.
10	Вибрационная надежность турбоагрегатов. Высокочастотная вибрация турбоагрегата. Низкочастотная вибрация. Вибрация оборотной частоты турбоагрегата. Контроль и нормы вибрации турбоагрегата. Методы предупреждения повышенной вибрации валопровода. Существующие системы вибромониторинга и диагностики.
11	Основные преимущества многоступенчатых турбин. Эрозия рабочих лопаток и способы борьбы с ней. Концевые уплотнения турбин. Схема отвода и подвода пара в уплотнении. Типы концевых уплотнений. Задачи регулирования турбин. Уравнение моментов турбогенератора. Условие постоянства частоты вращения.
12	Парогазовые установки: тепловые схемы, состав и показатели экономичности ПГУ; Особенности параметров паровых и газовых турбин для парогазовых установок с одно, двух и трехконтурными котлами-утилизаторами.

Темы РГР:

Таблица 7

№ п/п	Задания на РГР
1	Расчет регулирующей степени паровой турбины
2	Расчеты газовых турбин
3	Расчет критических частот вращения ротора турбины и оценки его надежности.
4	Выбор паровой турбины для ПГУ. Тепловой расчета турбины ПГУ
5	Расчет на прочность элементов корпуса турбины.
6	Тепловой расчет конденсатора турбоустановки
7	Расчет режима турбин с регулируемыми отборами
8	Расчет переменного режима турбинной степени и отсека паровой турбины.
9	Расчет треугольников скоростей.
10	Выбор профилей турбинных решеток и оценки их эффективности.
11	Расчет дополнительных потерь степени.
12	Расчет компрессора ГТУ.
13	Расчет вибрационной надежности турбин и оценки надежности их основных элементов
14	Расчет конденсатного насоса.
15	Расчет циркуляционного насоса.
16	Расчет турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии.

17	Расчет на прочность деталей паровых турбин
18	Расчет многоцилиндровой паровой турбины.
19	Расчет турбинной ступени.

6.3. Учебно-методическое и информационное обеспечение самостоятельной работы

Литература:

1.	Лубков В.И. Основы эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лубков В.И., Новичков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 285 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/82563.html .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Лубков В.И. Проектирование, строительство и монтаж оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лубков В.И., Новичков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 295 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/82565.html .— ЭБС «IPRbooks»
3.	Основы современной энергетики. Том 1. Современная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ А.Д. Трухний [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2010.— 493 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33143.html .— ЭБС «IPRbooks»
4.	Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Трухний А.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2013.— 648 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33207.html .— ЭБС «IPRbooks»
5.	Газотурбинные энергетические установки [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ С.В. Цанев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2011.— 427 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33113.html .— ЭБС «IPRbooks»

7. Оценочные средства

7.1.1 Вопросы к первой рубежной аттестации (7семестр)

1. Классификация электрических станций и место турбомашин в них: маркировки паровых турбин ТЭС и АЭС и основные сведения об их конструкциях.
2. Роль паро- и газотурбинных установок в энергетике и других отраслях.
3. Особенности тепловых схем паротурбинных установок ТЭС и АЭС.
4. Место паровой турбины в термодинамическом цикле.
5. Показатели экономичности паровых турбин и турбоустановок.
6. Особенности тепловых схем турбоустановок ТЭС и АЭС.
7. Принцип действия паровой турбины и ее место в энергетической установке.
8. Типовые конструкции паровой турбины.
9. Принципиальные схемы паро- и газотурбинных энергетических установок ТЭС и АЭС.
10. Влияние основных параметров пара на эффективность паротурбинной установки.
11. Влияние конечного давления на эффективность работы турбоустановок.
12. Циклы паротурбинных установок. КПД турбины.
13. Промежуточный перегрев пара паротурбинных установок.
14. Регенеративный подогрев питательной воды паротурбинных установок.
15. Понятие мощности: идеальной турбины, внутренней, эффективной, электрической, номинальной и расчетной.
16. Абсолютные и относительные КПД.

17. Классификация турбин. Условные обозначения турбин.
18. Тепловой процесс турбинной ступени.
19. Основные уравнения потока для сжимаемой жидкости: состояния, неразрывности, количества движения, сохранения энергии.
20. Характеристики потока при расширении газа в каналах. Параметры полного торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока.
21. Определение выходной скорости при расширении газа в неподвижном канале.
22. Критические параметры и критическая скорость. Критический расход. Приведенный расход.
23. Изменение проходного сечения канала в зависимости от относительного давления.
24. Расширение газа в каналах с потерями располагаемой энергии. Суживающиеся и расширяющиеся каналы. Формы каналов турбинных решеток. Отклонение потока в косом срезе турбинных решеток. Предельное отклонение в косом срезе.
25. Геометрические и газодинамические характеристики решеток турбинных профилей.
26. Обтекание потоком одиночного турбинного профиля в зависимости от геометрических и режимных параметров.
27. Потери турбинного профиля: профильные, кромочные, концевые, волновые, от нестационарности потока.
28. Коэффициенты скорости, потери располагаемой энергии, расхода.
29. Конструкция ступени осевого типа: система уравнений для расчетов термо- и газодинамических процессов в проточной части турбинной ступени; тепловая диаграмма процессов преобразования энергии в турбинных решетках; степень реактивности турбинной ступени; треугольники скоростей и методика их расчета.
30. Мощность и экономичность турбинных ступеней: уравнения для расчетов усилий и мощности турбинной ступени; относительный лопаточный КПД ступени; двухвенечные ступени скорости.
31. Выбор турбинных решеток для турбинных ступеней: геометрические, газодинамические и режимные характеристики турбинных решеток; выбор типа лопаток для решеток ступеней; определение экономичности сопловой и рабочей решеток.
32. Методика теплового и аэродинамического расчета турбинной ступени.

КАРТОЧКА № (первая рубежная аттестация)

1. Принцип действия паровой турбины и ее место в энергетической установке.
2. Потери турбинного профиля: профильные, кромочные, концевые, волновые, от нестационарности потока.
3. Расширение газа в каналах с потерями располагаемой энергии. Суживающиеся и расширяющиеся каналы. Формы каналов турбинных решеток. Отклонение потока в косом срезе турбинных решеток. Предельное отклонение в косом срезе.
4. Выбор турбинных решеток для турбинных ступеней: геометрические, газодинамические и режимные характеристики турбинных решеток; выбор типа лопаток для решеток ступеней; определение экономичности сопловой и рабочей решеток.

Вопросы ко второй рубежной аттестации (7семестр)

33. Методика аэродинамического расчета турбинной ступени.
34. Виды потерь в турбинной ступени и ее относительный внутренний КПД.
35. Потери в турбинной ступени на трение диска и лопаточного бандажа.
36. Потери в турбинной ступени от парциального подвода пара.
37. Лабиринтовые уплотнения и потери в турбинной ступени от утечек; потери от влажности водяного пара; зависимость относительного внутреннего КПД ступени от параметра $u/c_{ф}$.
38. Располагаемые теплоперепады ступени, сопловой и рабочей решеток.
39. Степень реакции турбинной ступени.
40. Активные и реактивные потери в турбинной ступени.
41. Абсолютные и относительные скорости потока в ступени и их определение.

42. Треугольники скоростей в турбинной ступени.
43. Преобразование энергии на рабочих лопатках.
44. Окружное и осевое усилие потока на лопатках.
45. Мощность и удельная работа ступени.
46. Потери располагаемой энергии в соплах, на рабочих лопатках турбины и с выходной скоростью.
47. Определение выходной относительной скорости потока из вращающегося канала рабочих решеток.
48. Методика расчета турбинной ступени: выбор исходных характеристик и параметров турбинной ступени.
49. Методика расчета турбинной ступени с $d/l > 10 \dots 13$;
50. Особенности расчета и проектирования ступеней с длинными лопатками, законы закрутки турбинных лопаток.
51. Выбор характеристик ступени.
52. Определение основных геометрических параметров (средний диаметр, выходные высоты, углы выхода потока, тип профиля лопаток, углы установки профиля, величины хорд, относительные и абсолютные шаги лопаток, зазоры и перекрыши и т.п.).
53. Степень парциальности. Расчет решеток при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях.
54. Использование аэродинамических характеристик решеток при их расчете. Нормали на профили сопловых и рабочих лопатках. Условные обозначения типов профилей.
55. Особенности расчета ступени с «длинными» лопатками. Понятие «длинных» лопаток.
56. Изменение реактивности по высоте лопатки. Методы профилирования длинных лопаток.
57. Конструктивное выполнение сопловых и рабочих лопаток. Типы хвостовиков и бандажей.
58. Изображение процесса расширения пара в hs - диаграмме для ступени.
59. Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин: особенности конструкций турбинных ступеней для цилиндров паровых турбин; правила их проектирования и нормативные документы; особенности радиально-осевых ступеней.
60. Назначение турбинных ступеней скорости.
61. Тепловой процесс и КПД турбинной ступени скорости. Оптимальное отношение скоростей u/c_ϕ для турбинной ступени скорости. Определение скоростей на выходе из решеток и потерь располагаемой энергии.
62. Изображение процесса расширения в турбинной ступени скорости в hs - диаграмме.
63. Дополнительные потери ступени. Внутренняя работа потока, относительный внутренний КПД ступени.
64. Дополнительные потери ступени: потери трения диска и лопаточного бандажа; потери, связанные с парциальным подводом пара (на вентиляцию и сегментные); потери от утечек через диафрагменное уплотнение и надбандажный зазор; потери от влажности пара.
65. Оптимальная степень парциальности ступени.
66. Назначение уплотнений в турбине и требования к ним. Типы уплотнений. Схема лабиринтового уплотнения. Течение пара через уплотнение. Процесс расширения пара в уплотнении в hs - диаграмме.
67. Определение протечки пара через лабиринтовое уплотнение.
68. Изображение процесса расширения пара в hs - диаграмме для ступени.
69. Компоновки паровых турбин различного назначения: предельная мощность однопоточной конденсационной турбины; способы повышения предельной мощности; определение размеров последней ступени; компоновочные решения, показатели надежности и экономичности паровых турбин.
70. Основы выбора конструкции турбин. Деление ступеней конденсационных турбин на группы. Способы увеличения предельной мощности. Однопоточные и многопоточные, одновальные и многовальные турбины.
71. Расчетная мощность турбины. Выбор теплоперепада и типа регулирующей ступени. Предварительная оценка размеров первой и последней нерегулируемых ступеней.
72. Определение числа ступеней и распределение теплоперепада между ними. Особенности расчета ступеней отдельных групп конденсационных турбин.

73. Приближенная оценка КПД турбоагрегата и отдельных отсеков проточной части турбины.
74. Выбор частоты вращения, числа валов и цилиндров турбины.
75. Осевые усилия в турбинах и способы их уравнивания.
76. Основные расчеты при проектировании многоцилиндровой паровой турбины: построение процесса расширения пара в проточной части турбины и оценки его расхода для реализации требуемой мощности турбоагрегата;
77. Расчет числа ступеней и распределение теплоперепадов по ступеням турбины; выбор частоты вращения валопровода турбоагрегатов.

КАРТОЧКА № (вторая рубежная аттестация)

1. Тепловой процесс и КПД турбинной ступени скорости. Оптимальное отношение скоростей u/c_ϕ для
2. Изображение процесса расширения в турбинной ступени скорости в hs - диаграмме. Методика расчета турбинной ступени с $d/l > 10 \dots 13$;
3. Компоновки паровых турбин различного назначения: предельная мощность однопоточной конденсационной турбины; способы повышения предельной мощности; определение размеров последней ступени; компоновочные решения, показатели надежности и экономичности паровых турбин.
4. Потери располагаемой энергии в соплах, на рабочих лопатках турбины и с выходной скоростью.

7.4. Вопросы к первой рубежной аттестации (8 семестр)

1. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин: расчет осевых усилий в валопроводе турбоагрегата и способы их компенсации.
2. Статическая прочность рабочих лопаток ступеней.
3. Общая характеристика переменных режимов: Понятие переменного (нерасчетного) режима турбинных решеток и турбинной ступени.
4. Особенности переменного режима турбинной ступени с $\theta_2 = d_2/l_2 < 10$. Переменный режим работы группы ступеней. Закон Стодолы–Флюгеля.
5. Переменный режим суживающихся и расширяющихся решеток. Маневренность и программы регулирования энергоблоков.
6. Холостой ход турбоагрегата. Моторный режим. Режим горячего вращающегося резерва. Сетка относительных расходов.
7. Предельное отношение давлений для расширяющейся решетки. Изменение степени реакции и расхода пара через ступень.
8. КПД ступени при изменении режима ее работы.
9. Расчет переменного режима работы ступени. Приближенные методы расчета.
10. Условия работы регулирующих и последних ступеней турбин при переменном пропуске пара.
11. Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении режима работы.
12. Влияние отклонения начальных параметров водяного пара, параметров промперегрева и давления в конденсаторе на мощность турбин. Влияние начального давления. Влияние начальной температуры и температуры промперегрева. Влияние конечного давления на мощность паровой турбины
13. Способы (системы) парораспределения паровых турбин. Дроссельное парораспределение. Сопловое парораспределение. Обводное парораспределение.
14. Тепловой процесс турбины при переменном пропуске пара в различных системах парораспределения. Распределение потоков пара между сопловыми сегментами.
15. Изменение давлений пара за регулирующими клапанами и в камере регулирующей ступени при переменных расходах пара.

16. Выбор системы парораспределения. Регулирование мощности турбины способом скользящего давления.
17. Диаграмма режимов конденсационной турбины. Расход пара на холостой ход. Изменение экономичности и надежности.
18. Изменение температуры свежего пара и промежуточного перегрева.
19. Влияние давления отработавшего пара. Универсальная зависимость изменения мощности конденсационной турбины от конечного давления.
20. Осевые усилия турбины при переменном режиме.
21. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.
22. Турбины с противодавлением, связь между противодавлением и нагрузкой турбины, особенности конструктивного оформления турбины;
23. Турбины с промежуточным регулируемым отбором пара (тип Т) и их диаграммы режимов, процессы расширения пара в hs - диаграмме, диаграммы режимов, конструктивное оформление турбин, поворотные диаграммы;
24. Турбины с двумя регулируемыми отборами пара (тип ПТ), диаграммы режимов.
25. Турбины с двухступенчатым отопительным отбором пара. Энергетические характеристики теплофикационных паровых турбин. Конструкции теплофикационных турбин.
26. Назначение конденсационных устройств. Типы конденсаторов. Конструкция поверхностного конденсатора.
27. Схема конденсационной установки и ее элементы.
28. Схема конденсационной установки и устройство конденсатора.
29. Тепловые процессы в конденсаторе Тепловой баланс конденсатора. Количество воздуха, поступающее в конденсатор. Парциальные давления пара и воздуха.
30. Температура конденсата и его переохлаждение. Зоны массовой конденсации и охлаждения. Паровое сопротивление конденсатора.
31. Порядок теплового расчета конденсатора. Выбор кратности охлаждения и скорости движения воды в трубках. Расчет поверхности охлаждения, числа ходов воды, числа трубок и их длины, размеров трубной доски.
32. Компоновки и конструкции конденсаторов паровых турбин. Принципы рациональной компоновки трубного пучка.
33. Построение тепловых характеристик конденсатора при изменении расхода пара, температуры и расхода охлаждающей воды.
34. Гидравлическое сопротивление конденсатора. Соединение с выхлопным патрубком турбины. методика расчета конденсатора.
35. Основы эксплуатации конденсационных установок: характеристика конденсатора и переменный режим его работы; воздухоотсасывающие устройства; особенности эксплуатации конденсационной установки.
36. Воздухоотсасывающие устройства. Характеристика пароструйного эжектора. Конденсатные и циркуляционные насосы. Конструкции насосов.
37. Системы автоматического регулирования: основные задачи САР и принципиальная схема САР турбоагрегата; статическое и астатическое регулирование; параллельная работа турбоагрегатов в сети; схемы САР конденсационных и теплофикационных турбин.
38. Системы аварийной защиты турбоагрегатов: основные системы защиты паровых турбин; особенности систем защиты для конденсационных и теплофикационных турбин; требования ГОСТ к системам регулирования и защиты турбоагрегатов.
39. Системы маслоснабжения паровых турбин и основные требования к ним. Схемы маслоснабжения; эксплуатация турбинных масел. Конструкции подшипников валопровода паровых турбин. Аварийная смазка турбин. Турбинное масло. Элементы систем маслоснабжения.
40. Вибрационная надежность турбоагрегатов. Высокочастотная вибрация турбоагрегата. Низкочастотная вибрация. Вибрация оборотной частоты турбоагрегата. Контроль и нормы вибрации турбоагрегата. Методы предупреждения повышенной вибрации валопровода.
41. Существующие системы вибромониторинга и диагностики.
42. Колебания лопаточного аппарата турбин: формы колебаний рабочих лопаток; расчет частот колебаний пакетов лопаток; вибрационная диаграмма лопаточного аппарата; правила отстройки от резонансных состояний.

КАРТОЧКА № (первая рубежная аттестация) (8семестр)

1. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин: расчет осевых усилий в валопроводе турбоагрегата и способы их компенсации.
2. Изменение давлений пара за регулирующими клапанами и в камере регулирующей ступени при переменных расходах пара.
3. Порядок теплового расчета конденсатора. Выбор кратности охлаждения и скорости движения воды в трубках. Расчет поверхности охлаждения, числа ходов воды, числа трубок и их длины, размеров трубной доски.
4. Вибрационная надежность турбоагрегатов. Высокочастотная вибрация турбоагрегата. Низкочастотная вибрация. Вибрация оборотной частоты турбоагрегата. Контроль и нормы вибрации турбоагрегата. Методы предупреждения повышенной вибрации валопровода.

7.5. Вопросы ко второй рубежной аттестации (8семестр)

43. Расчеты на прочность основных деталей статора турбины: конструкции и расчеты толщины корпусов турбин; напряженное состояние фланцевого разъема корпуса; оценки надежности диафрагм; материалы, применяемые для изготовления паровых турбин.
44. Конструкции корпусов, их материал и расчет. Обоймы. Тепловые расширения. Расчет фланцевого соединения.
45. Сопловые и направляющие лопатки. Сопловые сегменты. Крепление. Конструкции и материал диафрагм. Крепление диафрагм. Расчет диафрагм. Диафрагменные уплотнения.
46. Конструкции концевых уплотнений турбин. Трубопроводы концевых уплотнений. Системы парораспределения турбин.
47. Организация температурных расширений ротора и статора турбины. Относительные удлинения. Фикс-пункт турбины.
48. Конструкции и оценки надежности элементов валопровода турбоагрегата: оценка надежности ротора паровой турбины; расчеты критических частот вращения ротора; напряжения и деформации во вращающемся диске; расчет напряжений в диске; определение натяга и освобождающей частоты вращения; требования к надежности и ресурсным характеристикам роторов паровых турбин.
49. Конструкции и материал рабочих лопаток. Концевая часть лопаток и бандажи. Хвостовики лопаток. Замковые соединения. Расчет лопаток на прочность. Вибрация лопаток. Отстройка лопаток от опасных вибраций.
50. Роторы турбин и их конструкции. Крепление деталей на валу. Расчет дисков на прочность. Расчет вала на прочность. Критическая частота вращения ротора. Материалы дисков, валов, цельникованных роторов. Соединительные муфты. Валоповоротное устройство.
51. Основы эксплуатации турбоагрегатов: задачи эксплуатации и критерии надежности в работе турбин; особенности пусков и останова турбин.
52. Схема устройства активной и реактивной турбины. Понятие регулируемых и не регулируемых ступеней.
53. Использование потери с выходной скоростью в ступенях. Коэффициент возврата тепла. Потери от дросселирования вне проточной части турбины.
54. Основные преимущества многоступенчатых турбин.
55. Эрозия рабочих лопаток и способы борьбы с ней.
56. Концевые уплотнения турбин. Схема отвода и подвода пара в уплотнении. Типы концевых уплотнений.
57. Задачи регулирования турбин. Уравнение моментов турбогенератора. Условие постоянства частоты вращения.
58. Принципиальные схемы регулирования. Основные элементы систем регулирования. Регуляторы скорости. Золотники. Сервомоторы. Обратная связь. Механизм управления (синхронизатор). Регулирующие клапаны.

59. Статистическая характеристика регулирования турбогенератора.
60. Степень неравномерности и нечувствительности. Рациональная форма статической характеристики.
61. Работа регулирования при параллельном включении генераторов.
62. Основы статистического проектирования регулирования.
63. Переходные процессы регулирования турбин.
64. Особенности регулирования теплофикационных турбин. Поворотные диафрагмы.
65. Особенности регулирования турбин с промежуточным перегревом.
66. Задачи и виды защит паровых турбин. Защита от повышения скорости вращения. Реле осевого сдвига. Предохранительные и обратные клапаны. Стопорные и отсеченные клапаны. Сервомоторы клапанов.
67. Основы ремонта паровых турбин: характерные неполадки при эксплуатации паровых турбин; организация ремонта паротурбинных агрегатов
68. Энергетические газотурбинные установки: общие сведения об энергетических ГТУ.
69. Термодинамический цикл и схемы ГТУ.
70. Показатели экономичности ГТУ и способы их повышения.
71. Применение ГТУ в тепловых электростанциях ГТУ-ТЭЦ.
72. Применение ГТУ на базе авиационных двигателей.
73. Газовые турбины, процесс расширения в газовой турбине и выбор числа ее ступеней.
74. Особенности турбинных ступеней газовой турбины.
75. Методика расчета проточной части газовой турбины.
76. Системы охлаждения газовых турбин.
77. Схемы и циклы ГТУ. Основные показатели, характеризующие ГТУ, и способы повышения их экономичности.
78. Одновальные ГТУ с регенерацией. Сложные и многовальные ГТУ.
79. Парогазовые установки.
80. Компрессоры ГТУ, конструкция осевого компрессора.
81. Процессы в проточной части компрессорных ступеней ГТУ и оценки их числа.
82. Режимы работы и характеристики осевых компрессоров ГТУ.
83. Явление помпажа ГТУ, конструкции камер сгорания.
84. Переменные режимы эксплуатации ГТУ, переменные режимы ГТУ, пуск газотурбинных установок, системы защиты и автоматического регулирования ГТУ.
85. Парогазовые установки: тепловые схемы, состав и показатели экономичности ПГУ.
86. Особенности параметров паровых и газовых турбин для парогазовых установок с одно, двух и трехконтурными котлами-утилизаторами.
87. Паровые турбины для ПГУ: особенности расчета и проектирования паровых турбин для ПГУ.
88. Конструкции турбин для ПГУ утилизационного типа.
89. Конструкции турбин для теплофикационных парогазовых установок.

КАРТОЧКА № (вторая рубежная аттестация) (8семестр)

1. Порядок теплового расчета конденсатора. Выбор кратности охлаждения и скорости движения воды в трубках. Расчет поверхности охлаждения, числа ходов воды, числа трубок и их длины, размеров трубной доски.
2. Организация температурных расширений ротора и статора турбины. Относительные удлинения. Фикс-пункт турбины.
3. Основы эксплуатации турбоагрегатов: задачи эксплуатации и критерии надежности в работе турбин; особенности пусков и останова турбин.
4. Особенности параметров паровых и газовых турбин для парогазовых установок с одно, двух и трехконтурными котлами-утилизаторами.

7.2 2 Вопросы к зачету по дисциплине

1. Классификация электрических станций и место турбомашин в них: маркировки паровых турбин ТЭС и АЭС и основные сведения об их конструкциях.
2. Роль паро- и газотурбинных установок в энергетике и других отраслях.
3. Особенности тепловых схем паротурбинных установок ТЭС и АЭС.
4. Место паровой турбины в термодинамическом цикле.
5. Показатели экономичности паровых турбин и турбоустановок.
6. Особенности тепловых схем турбоустановок ТЭС и АЭС.
7. Принцип действия паровой турбины и ее место в энергетической установке.
8. Типовые конструкции паровой турбины.
9. Принципиальные схемы паро- и газотурбинных энергетических установок ТЭС и АЭС.
10. Влияние основных параметров пара на эффективность паротурбинной установки.
11. Влияние конечного давления на эффективность работы турбоустановок.
12. Циклы паротурбинных установок. КПД турбины.
13. Промежуточный перегрев пара паротурбинных установок.
14. Регенеративный подогрев питательной воды паротурбинных установок.
15. Понятие мощности: идеальной турбины, внутренней, эффективной, электрической, номинальной и расчетной.
16. Абсолютные и относительные КПД.
17. Классификация турбин. Условные обозначения турбин.
18. Тепловой процесс турбинной ступени.
19. Основные уравнения потока для сжимаемой жидкости: состояния, неразрывности, количества движения, сохранения энергии.
20. Характеристики потока при расширении газа в каналах. Параметры полного торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока.
21. Определение выходной скорости при расширении газа в неподвижном канале.
22. Критические параметры и критическая скорость. Критический расход. Приведенный расход.
23. Изменение проходного сечения канала в зависимости от относительного давления.
23. Расширение газа в каналах с потерями располагаемой энергии. Суживающиеся и расширяющиеся каналы. Формы каналов турбинных решеток. Отклонение потока в косом срезе турбинных решеток. Предельное отклонение в косом срезе.
24. Геометрические и газодинамические характеристики решеток турбинных профилей.
25. Обтекание потоком одиночного турбинного профиля в зависимости от геометрических и режимных параметров.
26. Потери турбинного профиля: профильные, кромочные, концевые, волновые, от нестационарности потока.
27. Коэффициенты скорости, потери располагаемой энергии, расхода.
28. Конструкция ступени осевого типа: система уравнений для расчетов термо- и газодинамических процессов в проточной части турбинной ступени; тепловая диаграмма процессов преобразования энергии в турбинных решетках; степень реактивности турбинной ступени; треугольники скоростей и методика их расчета.
29. Мощность и экономичность турбинных ступеней: уравнения для расчетов усилий и мощности турбинной ступени; относительный лопаточный КПД ступени; двухвенечные ступени скорости.
30. Выбор турбинных решеток для турбинных ступеней: геометрические, газодинамические и режимные характеристики турбинных решеток; выбор типа лопаток для решеток ступеней; определение экономичности сопловой и рабочей решеток.
31. Методика теплового и аэродинамического расчета турбинной ступени.
32. Методика аэродинамического расчета турбинной ступени.
33. Виды потерь в турбинной ступени и ее относительный внутренний КПД.
34. Потери в турбинной ступени на трение диска и лопаточного бандажа.
35. Потери в турбинной ступени от парциального подвода пара.

36. Лабиринтовые уплотнения и потери в турбинной ступени от утечек; потери от влажности водяного пара; зависимость относительного внутреннего КПД ступени от параметра u/c_{ϕ} .
37. Располагаемые теплоперепады ступени, сопловой и рабочей решеток.
38. Степень реакции турбинной ступени.
39. Активные и реактивные потери в турбинной ступени.
40. Абсолютные и относительные скорости потока в ступени и их определение.
41. Треугольники скоростей в турбинной ступени.
42. Преобразование энергии на рабочих лопатках.
43. Окружное и осевое усилие потока на лопатках.
44. . Мощность и удельная работа ступени.
45. Потери располагаемой энергии в соплах, на рабочих лопатках турбины и с выходной скоростью.
46. Определение выходной относительной скорости потока из вращающегося канала рабочих решеток.
47. Методика расчета турбинной ступени: выбор исходных характеристик и параметров турбинной ступени.
48. Методика расчета турбинной ступени с $d/l > 10 \dots 13$;
49. Особенности расчета и проектирования ступеней с длинными лопатками, законы закрутки турбинных лопаток.
50. Выбор характеристик ступени.
51. Определение основных геометрических параметров (средний диаметр, выходные высоты, углы выхода потока, тип профиля лопаток, углы установки профиля, величины хорд, относительные и абсолютные шаги лопаток, зазоры и перекрыши и т.п.).
52. Степень парциальности. Расчет решеток при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях.
53. Использование аэродинамических характеристик решеток при их расчете. Нормали на профили сопловых и рабочих лопатках. Условные обозначения типов профилей.
54. Особенности расчета ступени с «длинными» лопатками. Понятие «длинных» лопаток.
55. Изменение реактивности по высоте лопатки. Методы профилирования длинных лопаток.
56. Конструктивное выполнение сопловых и рабочих лопаток. Типы хвостовиков и бандажей.
57. Изображение процесса расширения пара в hs - диаграмме для ступени.
58. Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин: особенности конструкций турбинных ступеней для цилиндров паровых турбин; правила их проектирования и нормативные документы; особенности радиально-осевых ступеней.
59. Назначение турбинных ступеней скорости.
60. Тепловой процесс и КПД турбинной ступени скорости. Оптимальное отношение скоростей $\frac{u}{c_{\phi}}$ для турбинной ступени скорости. Определение скоростей на выходе из решеток и потерь располагаемой энергии.
61. Изображение процесса расширения в турбинной ступени скорости в hs - диаграмме.
62. Дополнительные потери ступени. Внутренняя работа потока, относительный внутренний КПД ступени.
63. Дополнительные потери ступени: потери трения диска и лопаточного бандажа; потери, связанные с парциальным подводом пара (на вентиляцию и сегментные); потери от утечек через диафрагменное уплотнение и надбандажный зазор; потери от влажности пара.
64. Оптимальная степень парциальности ступени.
65. Назначение уплотнений в турбине и требования к ним. Типы уплотнений. Схема лабиринтового уплотнения. Течение пара через уплотнение. Процесс расширения пара в уплотнении в hs -диаграмме.
66. Определение протечки пара через лабиринтовое уплотнение.
67. Изображение процесса расширения пара в hs -диаграмме для ступени.
68. Компоновки паровых турбин различного назначения: предельная мощность однопоточной конденсационной турбины; способы повышения предельной мощности; определение размеров последней ступени; компоновочные решения, показатели надежности и экономичности паровых турбин.

69. Основы выбора конструкции турбин. Деление ступеней конденсационных турбин на группы.
70. Способы увеличения предельной мощности. Однопоточные и многопоточные, одновальные и многовальные турбины.
71. Расчетная мощность турбины. Выбор теплоперепада и типа регулирующей ступени. Предварительная оценка размеров первой и последней нерегулируемых ступеней.
72. Определение числа ступеней и распределение теплоперепада между ними. Особенности расчета ступеней отдельных групп конденсационных турбин.

7.2.2. Вопросы к экзамену по дисциплине «Турбины тепловых и атомных электростанций»

(8 семестр)

1. Классификация электрических станций и место турбомашин в них: маркировки паровых турбин ТЭС и АЭС и основные сведения об их конструкциях. Роль паро- и газотурбинных установок в энергетике и других отраслях.
2. Особенности тепловых схем паротурбинных установок ТЭС и АЭС. Место паровой турбины в термодинамическом цикле. Показатели экономичности паровых турбин и турбоустановок.
3. Особенности тепловых схем турбоустановок ТЭС и АЭС. Принцип действия паровой турбины и ее место в энергетической установке. Типовые конструкции паровой турбины.
4. Принципиальные схемы паро- и газотурбинных энергетических установок ТЭС и АЭС. Влияние основных параметров пара на эффективность паротурбинной установки. Влияние конечного давления на эффективность работы турбоустановок.
5. Циклы паротурбинных установок. КПД турбины. Промежуточный перегрев пара паротурбинных установок. Регенеративный подогрев питательной воды паротурбинных установок.
6. Понятие мощности: идеальной турбины, внутренней, эффективной, электрической, номинальной и расчетной. Абсолютные и относительные КПД.
7. Классификация турбин. Условные обозначения турбин.
8. Тепловой процесс турбинной ступени. Основные уравнения потока для сжимаемой жидкости: состояния, неразрывности, количества движения, сохранения энергии. Характеристики потока при расширении газа в каналах. Параметры полного торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока.
9. Определение выходной скорости при расширении газа в неподвижном канале. Критические параметры и критическая скорость. Критический расход. Приведенный расход. Изменение проходного сечения канала в зависимости от относительного давления.
10. Расширение газа в каналах с потерями располагаемой энергии. Суживающиеся и расширяющиеся каналы. Формы каналов турбинных решеток. Отклонение потока в косом срезе турбинных решеток. Предельное отклонение в косом срезе.
11. Геометрические и газодинамические характеристики решеток турбинных профилей. Обтекание потоком одиночного турбинного профиля в зависимости от геометрических и режимных параметров.
12. Потери турбинного профиля: профильные, кромочные, концевые, волновые, от нестационарности потока. Коэффициенты скорости, потери располагаемой энергии, расхода.
13. Конструкция ступени осевого типа: система уравнений для расчетов термо- и газодинамических процессов в проточной части турбинной ступени; тепловая диаграмма процессов преобразования энергии в турбинных решетках; степень реактивности турбинной ступени; треугольники скоростей и методика их расчета.
14. Мощность и экономичность турбинных ступеней: уравнения для расчетов усилий и мощности турбинной ступени; относительный лопаточный КПД ступени; двухвенечные ступени скорости.
15. Выбор турбинных решеток для турбинных ступеней: геометрические, газодинамические и режимные характеристики турбинных решеток; выбор типа лопаток для решеток ступеней; определение экономичности сопловой и рабочей решеток.
16. Методика теплового и аэродинамического расчета турбинной ступени. Методика аэродинамического расчета турбинной ступени.

17. Виды потерь в турбинной ступени и ее относительный внутренний КПД. Потери в турбинной ступени на трение диска и лопаточного бандажа. Потери в турбинной ступени от парциального подвода пара.

18. Лабиринтовые уплотнения и потери в турбинной ступени от утечек; потери от влажности водяного пара; зависимость относительного внутреннего КПД ступени от параметра u/c_{ϕ} .

19. Располагаемые теплоперепады ступени, сопловой и рабочей решеток. Степень реакции турбинной ступени. Активные и реактивные потери в турбинной ступени.

20. Абсолютные и относительные скорости потока в ступени и их определение. Треугольники скоростей в турбинной ступени.

21. Преобразование энергии на рабочих лопатках. Окружное и осевое усилие потока на лопатках. Мощность и удельная работа ступени.

22. Потери располагаемой энергии в соплах, на рабочих лопатках турбины и с выходной скоростью. Определение выходной относительной скорости потока из вращающегося канала рабочих решеток.

23. Методика расчета турбинной ступени: выбор исходных характеристик и параметров турбинной ступени. Методика расчета турбинной ступени с $d/l \approx 10 \dots 13$;

24. Особенности расчета и проектирования ступеней с длинными лопатками, законы закрутки турбинных лопаток. Выбор характеристик ступени.

25. Определение основных геометрических параметров (средний диаметр, выходные высоты, углы выхода потока, тип профиля лопаток, углы установки профиля, величины хорд, относительные и абсолютные шаги лопаток, зазоры и перекрыши и т.п.). Степень парциальности.

26. Расчет решеток при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях.

27. Использование аэродинамических характеристик решеток при их расчете. Нормали на профили сопловых и рабочих лопатках. Условные обозначения типов профилей.

28. Особенности расчета ступени с «длинными» лопатками. Понятие «длинных» лопаток. Изменение реактивности по высоте лопатки. Методы профилирования длинных лопаток. Конструктивное выполнение сопловых и рабочих лопаток. Типы хвостовиков и бандажей.

29. Изображение процесса расширения пара в hs - диаграмме для ступени.

30. Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин: особенности конструкций турбинных ступеней для цилиндров паровых турбин; правила их проектирования и нормативные документы; особенности радиально-осевых ступеней.

31. Назначение турбинных ступеней скорости. Тепловой процесс и КПД турбинной ступени скорости. Оптимальное отношение скоростей u/c_{ϕ} для турбинной ступени. Изображение процесса

расширения в турбинной ступени скорости в hs - диаграмме.

32. Дополнительные потери ступени. Внутренняя работа потока, относительный внутренний КПД ступени.

33. Дополнительные потери ступени: потери трения диска и лопаточного бандажа; потери, связанные с парциальным подводом пара (на вентиляцию и сегментные); потери от утечек через диафрагменное уплотнение и надбандажный зазор; потери от влажности пара. Оптимальная степень парциальности ступени.

34. Назначение уплотнений в турбине и требования к ним. Типы уплотнений. Схема лабиринтового уплотнения. Течение пара через уплотнение. Процесс расширения пара в уплотнении в hs - диаграмме.

35. Компоновки паровых турбин различного назначения: предельная мощность однопоточной конденсационной турбины; способы повышения предельной мощности; определение размеров последней ступени; компоновочные решения, показатели надежности и экономичности паровых турбин.

36. Основы выбора конструкции турбин. Деление ступеней конденсационных турбин на группы. Способы увеличения предельной мощности. Однопоточные и многопоточные, одновальные и многовальные турбины.

37. Расчетная мощность турбины. Выбор теплоперепада и типа регулирующей ступени. Предварительная оценка размеров первой и последней нерегулируемых ступеней.

38. Определение числа ступеней и распределение теплоперепада между ними. Особенности расчета ступеней отдельных групп конденсационных турбин.

39. Приближенная оценка КПД турбоагрегата и отдельных отсеков проточной части турбины.
40. Основные расчеты при проектировании многоцилиндровой паровой турбины: построение процесса расширения пара в проточной части турбины и оценки его расхода для реализации требуемой мощности турбоагрегата;
41. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин: расчет осевых усилий в валопроводе турбоагрегата и способы их компенсации.
42. Особенности переменного режима турбинной ступени с $\sigma_2 = d_2/l_2 \leq 10$. Переменный режим работы группы ступеней. Закон Стодолы–Флюгеля.
43. Общая характеристика переменных режимов: Понятие переменного (нерасчетного) режима турбинных решеток и турбинной ступени.
44. Переменный режим суживающихся и расширяющихся решеток. Маневренность и программы регулирования энергоблоков.
45. Холостой ход турбоагрегата. Моторный режим. Режим горячего вращающегося резерва. Сетка относительных расходов.
46. Предельное отношение давлений для расширяющейся решетки. Изменение степени реакции и расхода пара через ступень.
47. Влияние отклонения начальных параметров водяного пара, параметров промперегрева и давления в конденсаторе на мощность турбин. Влияние начального давления. Влияние начальной температуры и температуры промперегрева. Влияние конечного давления на мощность паровой турбины
48. Тепловой процесс турбины при переменном пропуске пара в различных системах парораспределения. Распределение потоков пара между сопловыми сегментами.
49. Способы (системы) парораспределения паровых турбин. Дроссельное парораспределение. Сопловое парораспределение. Обводное парораспределение.
50. Диаграмма режимов конденсационной турбины. Расход пара на холостой ход. Изменение экономичности и надежности.
51. Турбины с промежуточным регулируемым отбором пара (тип Т) и их диаграммы режимов, процессы расширения пара в h_s - диаграмме, диаграммы режимов, конструктивное оформление турбин, поворотные диаграммы
52. Турбины с противодавлением, связь между противодавлением и нагрузкой турбины, особенности конструктивного оформления турбины;
53. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.
54. Турбины с двумя регулируемым отборами пара (тип ПТ), диаграммы режимов. Турбины с двухступенчатым отопительным отбором пара. Энергетические характеристики теплофикационных паровых турбин. Конструкции теплофикационных турбин.
55. Схема конденсационной установки и устройство конденсатора.
56. Тепловые процессы в конденсаторе Тепловой баланс конденсатора. Количество воздуха, поступающее в конденсатор. Парциальные давления пара и воздуха.
57. Температура конденсата и его переохлаждение. Зоны массовой конденсации и охлаждения. Паровое сопротивление конденсатора.
58. Компоновки и конструкции конденсаторов паровых турбин. Принципы рациональной компоновки трубного пучка.
59. Построение тепловых характеристик конденсатора при изменении расхода пара, температуры и расхода охлаждающей воды.
60. Гидравлическое сопротивление конденсатора. Соединение с выхлопным патрубком турбины. методика расчета конденсатора.
61. Основы эксплуатации конденсационных установок: характеристика конденсатора и переменный режим его работы; воздухоотсасывающие устройства; особенности эксплуатации конденсационной установки.
62. Системы маслоснабжения паровых турбин и основные требования к ним. Схемы маслоснабжения; эксплуатация турбинных масел. Конструкции подшипников валопровода паровых турбин. Аварийная смазка турбин. Турбинное масло. Элементы систем маслоснабжения.
63. Конструкции концевых уплотнений турбин. Трубопроводы концевых уплотнений. Схема устройства активной и реактивной турбины. Понятие регулируемых и не регулируемых ступеней.

64. Энергетические газотурбинные установки: общие сведения об энергетических ГТУ. Термодинамический цикл и схемы ГТУ. Показатели экономичности ГТУ и способы их повышения. Применение ГТУ в тепловых электростанциях ГТУ-ТЭЦ.

65. Парогазовые установки: тепловые схемы, состав и показатели экономичности ПГУ. Особенности параметров паровых и газовых турбин для парогазовых установок с одно, двух и трехконтурными котлами-утилизаторами. Паровые турбины для ПГУ: особенности расчета и проектирования паровых турбин для ПГУ. Конструкции турбин для ПГУ утилизационного типа.

Образец билета к экзамену по дисциплине

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"	
Дисциплина	<u>Турбины тепловых и атомных электростанций</u>
	Семестр - 8
Группа	<u>ТЭС-19</u>
Билет № 1	
1.	Влияние давления отработавшего пара. Универсальная зависимость изменения мощности конденсационной турбины от конечного давления
2.	Компоновки и конструкции конденсаторов паровых турбин. Принципы рациональной компоновки трубного пучка.
3.	КПД ступени при изменении режима ее работы.
4.	Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении режима работы.
Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика»	
Р.А-В. Турлуев	

7. Текущий контроль

Вопросы к практическим занятиям (7 семестр)

1. Методика расчета турбинной ступени: выбор исходных характеристик и параметров турбинной ступени.
2. Методика расчета турбинной ступени с $d/l > 10 \dots 13$;
3. Особенности расчета и проектирования ступеней с длинными лопатками, законы закрутки турбинных лопаток.
4. Выбор характеристик ступени.
5. Определение основных геометрических параметров (средний диаметр, выходные высоты, углы выхода потока, тип профиля лопаток, углы установки профиля, величины хорд, относительные и абсолютные шаги лопаток, зазоры и перекрыши и т.п.).
6. Компоновки и конструкции конденсаторов паровых турбин.
7. Принципы рациональной КПД ступени при изменении режима ее работы.

Вопросы к практическим занятиям (8 семестр)

1. Степень парциальности. Расчет решеток при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях. Влияние конечного давления на эффективность работы турбоустановок.

2. Циклы паротурбинных установок. КПД турбины.
3. Промежуточный перегрев пара паротурбинных установок.
4. Регенеративный подогрев питательной воды паротурбинных установок.
5. Понятие мощности: идеальной турбины, внутренней, эффективной, электрической, номинальной и расчетной.
6. Абсолютные и относительные КПД.
7. Классификация турбин. Условные обозначения турбин.

7.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания.

Таблица 7

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворительно)	41-60 баллов (удовлетворительно)	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.					
знать: основные источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации энергетических турбин для ТЭС и АЭС;	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Вопросы к аттестациям, задания для РГР, темы для самостоятельного изучения, вопросы к практическим занятиям.
уметь: самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи; использовать стандартные программы расчетов базовых	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются	Сформированные умения	
владеть: терминологией в области турбостроения и теплоэнергетики; навыками применения полученной информации при выборе типа и мощности турбин, условий их эксплуатации;	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении	Успешное и систематическое применение навыков	
ПК-2. Готовностью к участию в организации контроля за работой приборов и оборудования и метрологического обеспечения технологических процессов ОПД при использовании типовых методов.					
знать: конструкции турбин современных энергоблоков ТЭС и АЭС; особенности применения турбомашин в составе парогазовых установок.	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Вопросы к аттестациям, задания для РГР, темы для самостоятельного изучения, вопросы к практическим

<p>уметь: проводить расчеты по типовым методикам и проектировать отдельные детали и узлы с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы; анализировать информацию о новых технологиях в турбостроении.</p>	<p>Частичные умения</p>	<p>Неполные умения</p>	<p>Умения полные, допускаются небольшие ошибки</p>	<p>Сформированные умения</p>	<p>занятиям.</p>
<p>владеть: информацией об основных технических параметрах турбинного оборудования электростанций для использования при формировании тепловых схем энергоблоков, реконструкции и модернизации существующих турбоустановок.</p>	<p>Частичное владение навыками</p>	<p>Несистематическое применение навыков</p>	<p>В систематическом применении навыков</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков</p>	

8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги

сурдопереводчика;

- для слепоглухих допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1 Литература

6. Лубков В.И. Основы эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лубков В.И., Новичков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 285 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/82563.html .— ЭБС «IPRbooks»
7. Лубков В.И. Проектирование, строительство и монтаж оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лубков В.И., Новичков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 295 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/82565.html .— ЭБС «IPRbooks»
8. Основы современной энергетики. Том 1. Современная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ А.Д. Трухний [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2010.— 493 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33143.html .— ЭБС «IPRbooks»
9. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Трухний А.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2013.— 648 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33207.html .— ЭБС «IPRbooks»
10. Газотурбинные энергетические установки [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ С.В. Цанев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2011.— 427 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33113.html .— ЭБС «IPRbooks»
11. Газотурбинные энергетические установки [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ С.В. Цанев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2011.— 427 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33113.html .— ЭБС «IPRbooks»
12. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— М.: ЭНАС, 2017.— 208 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/76184.html .— ЭБС «IPRbooks»

в) Интернет-ресурсы

Интернет ресурс - www.gstou.ru электронная библиотека ЭБС «IPRbooks», “Консультант студента”.

1.	upload.studwork.org>order/11898/Турбины ТЭС и АЭС
2.	bwt.ru>Для промышленности>Теплоэнергетика>boiler
3.	portal.tpu.ru>Матвеев Александр Сергеевич>Учебная работа>TiAES...
4.	worldtek.ru>teploteh/186-turbini-tes-i-aes.html
5.	book-gu.ru>2013/03/water/
6.	gazovik-teploenergo.ru>index.php?id=1272
7.	SaveStud.su>download_met.php?file=met...i-atomnie
8.	biblioza.ru>marochek-turbiny-tes-aes.php

г) программное и коммуникационное обеспечение

Средства обеспечения освоения дисциплины

Расчетные компьютерные программы: MATHCAD, EXCEL.

1. Электронный конспект лекций и электронно-обучающий комплекс по дисциплине «Турбины тепловых и атомных электрических станций»
2. Тесты для компьютерного тестирования студентов

9.2 Методические указания по освоению дисциплины

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Класс с персональными компьютерами для проведения практических занятий и виртуальных лабораторных работ.

Учебная аудитория кафедры "Т и Г", №2-21, №1-19^б снабженная мультимедийными средствами для представления презентаций и показа учебных фильмов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС и с учетом рекомендаций по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Турбины тепловых и атомных электрических станций (наличие оборудования и ТСО)

1	Лабораторный комплекс "Теплопередача при конвекции и обдуве" ТПК-010-9ЛР-01 (9 лабораторных работ)
2	Учебно-лабораторный комплекс «Теплообменники» (4 лабораторных работы)
3	Виртуальный программный лабораторный комплекс "Теплотехника" (6 лабораторных работ)
4	Виртуальный учебный комплекс «Тепловые электростанции» Комплекс предназначен для исследования процессов настройки и наладки систем тепловой электростанции, а также контроля и мониторинга состояния элементов систем во время их работы и демонстрации влияния изменения параметров элементов. Программа содержит графическую информацию, изображения мониторов, панели управления и сообщения аварийной сигнализации аналогичные реальным. В состав входит: 1. Персональный компьютер, монитор, клавиатура, мышь. 2. Предустановленное специализированное программное обеспечение

5	Комплект плакатов 560x800 мм, Изображение нанесено на пластиковую основу толщиной 4 мм и размером 560x800 мм. Изображение обладает водостойкими свойствами. Каждый плакат имеет элементы крепления к стене.
5.1	Тепловые электрические станции (16 шт.)
5.2	«Тепломассообмен» (16 шт.)
5.3	Турбины и оборудование тепловых станций (16 шт.)
6	Электронные плакаты Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5x1,5 м):
а.	Тепломассообмен (122 шт.)
б.	Турбины тепловых станций (21 шт.)
	Презентации:
1	Теплопередача
2	Тепловые и атомные электростанции
3	Виды, состав и назначение турбин тепловых станций

Методические указания по освоению дисциплины

«Турбины тепловых и атомных электрических станций»

1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Турбины тепловых и атомных электрических станций» состоит из 18 связанных между собой тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Турбины тепловых и атомных электрических станций» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические/семинарские занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим/практическим занятиям, тестам/рефератам/докладам/эссе, и иным формам письменных работ, выполнение анализа кейсов, индивидуальная консультация с преподавателем).
3. Интерактивные формы проведения занятий (коллоквиум, лекция-дискуссия, групповое решение кейса и др. формы).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому/ семинарскому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к практическому/ семинарскому занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой

теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации (лаб. работы).

2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций.

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим/семинарским занятиям.

На практических/семинарских занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Ознакомление с планом практического/семинарского занятия, который отражает содержание предложенной темы;

2. Проработать конспект лекций;

3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса;

4. Ответить на вопросы плана практического/семинарского занятия;

5. Выполнить домашнее задание;

6. Проработать тестовые задания и задачи;

7. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступить и участвовать в коллективном обсуждении

вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы.

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Турбины тепловых и атомных электрических станций» - это углубление и расширение знаний в области конструкций, расчетов турбин ТЭС и АЭС.; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Виды СРС и критерии оценок


(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Реферат
2. Доклад
3. Эссе
4. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

Составитель:

Доцент кафедры
«Теплотехника и гидравлика»

 / М.Х. Умарова /

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей каф.
«Теплотехника и гидравлика»

 / Р.А-В. Турлуев /

Директор ДУМР

 / М.А. Магомаева /