

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Переменные режимы ПТУ**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Богомолова Т.В.
	Идентификатор	R21082b96-BogomolovaTV-4ebcd3e

Т.В.
Богомолова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

О.М.
Митрохова

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

В.Г. Грибин

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности

ИД-3 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и эффективности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение и защита расчетного задания «Переменный режим ступени большой верности» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест №1 «Критерии переменного режима ступени и турбины» (Тестирование)

2. Тест №2 «Основные определения курса Переменные режимы ПТУ» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1. «Характеристики работы турбинной ступени на нерасчетных режимах» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2 «Характеристики работы паротурбинной установки на нерасчетных режимах» (Контрольная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Тест №1 «Критерии переменного режима ступени и турбины» (Тестирование)

КМ-2 Контрольная работа №1. «Характеристики работы турбинной ступени на нерасчетных режимах» (Контрольная работа)

КМ-3 Тест №2 «Основные определения курса Переменные режимы ПТУ» (Тестирование)

КМ-4 Контрольная работа №2 «Характеристики работы паротурбинной установки на нерасчетных режимах» (Контрольная работа)

КМ-5 Выполнение и защита расчетного задания «Переменный режим ступени большой верности» (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	10	12	15
Классификация нерасчетных режимов турбоустановок. Переменный режим турбинных решеток						
Классификация нерасчетных режимов турбоустановок. Переменный режим турбинных решеток	+					
Переменный режим работы ступени						
Переменный режим работы ступени	+	+	+			+
Особенности переменного режима работы последних ступеней						
Особенности переменного режима работы последних ступеней		+	+			+
Переменный режим группы ступеней и многоступенчатой турбины						
Переменный режим группы ступеней и многоступенчатой турбины				+	+	
Влияние эксплуатационных и конструктивных изменений на работу турбины						
Влияние эксплуатационных и конструктивных изменений на работу турбины					+	+
Вес КМ:	10	20	10	30	30	

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-2ПК-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности	Знать: критерии переменного режима ступени и турбины Уметь: проводить поверочный расчет турбинной ступени большой веерности на переменных режимах работы оценивать экономичность и надежность работы турбинной ступени при изменении режима ее работы оценивать экономичность и надежность работы турбины при изменении режима ее работы	КМ-1 Тест №1 «Критерии переменного режима ступени и турбины» (Тестирование) КМ-2 Контрольная работа №1. «Характеристики работы турбинной ступени на нерасчетных режимах» (Контрольная работа) КМ-4 Контрольная работа №2 «Характеристики работы паротурбинной установки на нерасчетных режимах» (Контрольная работа) КМ-5 Выполнение и защита расчетного задания «Переменный режим ступени большой веерности» (Расчетно-графическая работа)
ПК-2	ИД-3ПК-2 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и	Знать: основные факторы, снижающие надежность и экономичность турбоустановки, при изменении режима ее работы	КМ-3 Тест №2 «Основные определения курса Переменные режимы ПТУ» (Тестирование) КМ-4 Контрольная работа №2 «Характеристики работы паротурбинной установки на нерасчетных режимах» (Контрольная работа) КМ-5 Выполнение и защита расчетного задания «Переменный режим ступени большой веерности» (Расчетно-графическая работа)

	эффективности	Уметь: принимать обоснованные технические решения при проектировании паротурбинной установки, надежно работающей при отклонении режимных параметров от расчетных выбирать основные параметры последней ступени турбины при ее проектировании, надежно работающей при сниженных нагрузках	
--	---------------	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест №1 «Критерии переменного режима ступени и турбины»

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения 45 мин. При выполнении тестовых заданий нужно выбрать все правильные ответы и поставить в итоговой таблице знак "+" против их номеров, а знак "-" против номеров, содержащих неправильные ответы.

Краткое содержание задания:

Тест состоит из 60 вопросов.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки																														
Знать: критерии переменного режима ступени и турбины	<p>1. Потери в регулирующих клапанах зависят от следующих факторов:</p> <table border="1" data-bbox="786 969 1286 1146"> <tr> <td>а)</td> <td>относительной скорости течения</td> </tr> <tr> <td>б)</td> <td>критерия Прандтля Pr</td> </tr> <tr> <td>в)</td> <td>критерия Нуссельта Nu</td> </tr> <tr> <td>г)</td> <td>критерия Рейнольдса Re</td> </tr> <tr> <td>д)</td> <td>стабильности течения</td> </tr> </table> <p>2. Критерии для анализа переменного режима ступени:</p> <table border="1" data-bbox="786 1256 1481 1532"> <tr> <td>а)</td> <td>отношение $u/cф$</td> </tr> <tr> <td>б)</td> <td>отношение объемных расходов на выходе из ступени $GV2 / (GV2)0$</td> </tr> <tr> <td>в)</td> <td>$z = u/w2t$</td> </tr> <tr> <td>г)</td> <td>отношение температур на входе в ступень $T0/T00$</td> </tr> <tr> <td>д)</td> <td>отношение располагаемых теплоперепадов на ступень $H0/H00$</td> </tr> </table> <p>3. Безразмерный располагаемый теплоперепад ступени $2H0/u2$ является функцией</p> <table border="1" data-bbox="786 1682 1481 1886"> <tr> <td>а)</td> <td>начальных параметров пара $p0V0$</td> </tr> <tr> <td>б)</td> <td>параметра z</td> </tr> <tr> <td>в)</td> <td>относительного объемного пропуска пара $GV2 / (GV2)0$</td> </tr> <tr> <td>г)</td> <td>относительной частоты вращения $n/n0$</td> </tr> <tr> <td>д)</td> <td>конечных параметров пара $p2V2$</td> </tr> </table>	а)	относительной скорости течения	б)	критерия Прандтля Pr	в)	критерия Нуссельта Nu	г)	критерия Рейнольдса Re	д)	стабильности течения	а)	отношение $u/cф$	б)	отношение объемных расходов на выходе из ступени $GV2 / (GV2)0$	в)	$z = u/w2t$	г)	отношение температур на входе в ступень $T0/T00$	д)	отношение располагаемых теплоперепадов на ступень $H0/H00$	а)	начальных параметров пара $p0V0$	б)	параметра z	в)	относительного объемного пропуска пара $GV2 / (GV2)0$	г)	относительной частоты вращения $n/n0$	д)	конечных параметров пара $p2V2$
а)	относительной скорости течения																														
б)	критерия Прандтля Pr																														
в)	критерия Нуссельта Nu																														
г)	критерия Рейнольдса Re																														
д)	стабильности течения																														
а)	отношение $u/cф$																														
б)	отношение объемных расходов на выходе из ступени $GV2 / (GV2)0$																														
в)	$z = u/w2t$																														
г)	отношение температур на входе в ступень $T0/T00$																														
д)	отношение располагаемых теплоперепадов на ступень $H0/H00$																														
а)	начальных параметров пара $p0V0$																														
б)	параметра z																														
в)	относительного объемного пропуска пара $GV2 / (GV2)0$																														
г)	относительной частоты вращения $n/n0$																														
д)	конечных параметров пара $p2V2$																														

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 2 вопроса даны неправильные ответы.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 5 вопросов даны неправильные ответы.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 10 вопросов даны неправильные ответы.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если более чем на 10 вопросов даны неправильные ответы.

КМ-2. Контрольная работа №1. «Характеристики работы турбинной ступени на нерасчетных режимах»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит две задачи. Время выполнения – не более 90 минут. Для решения задач могут предоставляться справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s-диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара") и сетка расходов.

Краткое содержание задания:

Задача №1

Ступень стационарной паровой турбины на расчетном режиме имеет начальные параметры $p_{00} = 0,814$ МПа; $t_{00} = 330^\circ\text{C}$ и следующие характеристики: $(u/cф)_0 = 0,535$; $\rho_0 = 0,28$; $p_{20} = 0,615$; $(\alpha_{1э})_0 = 14^\circ$; $\varphi = 0,974$. В результате ремонта был изменен угол выхода сопловой решетки $(\alpha_{1э})_1 = 15,5^\circ$. Как изменится степень реактивности и КПД при том же расходе и неизменных параметрах за ступенью?

Задача №2

Последняя ступень турбины с противодавлением $p_z = \text{const}$ и $n = \text{const}$ спроектирована на $(u/cф)_{\text{опт}}$. Ее КПД при этом $\eta_{\text{imax}} = 0,9$, реактивность 30%. При изменении расхода пара и противодавления теплоперепад ступени (при дозвуковых скоростях) уменьшился втрое. Найдите новую реактивность и КПД.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: оценивать экономичность и надежность работы турбинной ступени при изменении режима ее работы	1. Рассчитать степень реактивности и КПД при том же расходе и неизменных параметрах за ступенью. 2. Определить реактивность и КПД, если при изменении расхода пара и противодавления теплоперепад ступени (при дозвуковых скоростях) уменьшился втрое.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если две задачи решены полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если две задачи решены верно, но есть погрешности в арифметических расчетах или не проставлены некоторые размерности не искажающие физический смысл результатов.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если одна задача решена верно, а в другой намечен путь решения, но она до конца не решена.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно решена только одна задача.

КМ-3. Тест №2 «Основные определения курса Переменные режимы ПТУ»

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения 45 мин. При выполнении тестовых заданий нужно выбрать все правильные ответы и поставить в итоговой таблице знак "+" против их номеров, а знак "-" против номеров, содержащих неправильные ответы.

Краткое содержание задания:

Тест состоит из 60 вопросов.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки																		
Знать: основные факторы, снижающие надежность и экономичность турбоустановки, при изменении режима ее работы	<p>1. Уменьшение расхода пара через ступень при постоянной температуре на входе приводит</p> <table border="1" data-bbox="893 1400 1481 1742"><tbody><tr><td data-bbox="893 1400 949 1467">а)</td><td data-bbox="949 1400 1481 1467">к пропорциональному снижению давления за ступенью</td></tr><tr><td data-bbox="893 1467 949 1534">б)</td><td data-bbox="949 1467 1481 1534">к пропорциональному снижению давления перед ступенью</td></tr><tr><td data-bbox="893 1534 949 1601">в)</td><td data-bbox="949 1534 1481 1601">к снижению степени реактивности ступени</td></tr><tr><td data-bbox="893 1601 949 1668">г)</td><td data-bbox="949 1601 1481 1668">к снижению располагаемого теплоперепа ступени</td></tr><tr><td data-bbox="893 1668 949 1742">д)</td><td data-bbox="949 1668 1481 1742">к увеличению температуры на выходе из ступени</td></tr></tbody></table> <p>2. Степень реактивности ступени уменьшается</p> <table border="1" data-bbox="893 1848 1481 2056"><tbody><tr><td data-bbox="893 1848 949 1892">а)</td><td data-bbox="949 1848 1481 1892">при засолении рабочей решетки</td></tr><tr><td data-bbox="893 1892 949 1926">б)</td><td data-bbox="949 1892 1481 1926">при засолении сопловой решетки</td></tr><tr><td data-bbox="893 1926 949 1993">в)</td><td data-bbox="949 1926 1481 1993">при уменьшении $u/cф$ в активной ступени</td></tr><tr><td data-bbox="893 1993 949 2056">г)</td><td data-bbox="949 1993 1481 2056">при уменьшении числа оборотов в активной ступени</td></tr></tbody></table>	а)	к пропорциональному снижению давления за ступенью	б)	к пропорциональному снижению давления перед ступенью	в)	к снижению степени реактивности ступени	г)	к снижению располагаемого теплоперепа ступени	д)	к увеличению температуры на выходе из ступени	а)	при засолении рабочей решетки	б)	при засолении сопловой решетки	в)	при уменьшении $u/cф$ в активной ступени	г)	при уменьшении числа оборотов в активной ступени
а)	к пропорциональному снижению давления за ступенью																		
б)	к пропорциональному снижению давления перед ступенью																		
в)	к снижению степени реактивности ступени																		
г)	к снижению располагаемого теплоперепа ступени																		
д)	к увеличению температуры на выходе из ступени																		
а)	при засолении рабочей решетки																		
б)	при засолении сопловой решетки																		
в)	при уменьшении $u/cф$ в активной ступени																		
г)	при уменьшении числа оборотов в активной ступени																		

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки																																																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">д)</td> <td>при увеличении угла α_1эфф</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding-top: 10px;">3.КПД ступени при изменении режима работы зависит</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">а)</td> <td>От степени влажности на расчетном режиме</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">б)</td> <td>от степени реактивности ступени на расчетном режиме</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">в)</td> <td>от параметра z</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">г)</td> <td>от давления на входе в ступень на расчетном режиме</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">д)</td> <td>от отношения $u/cф$</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding-top: 10px;">4.Увеличение угла β_2эфф при изготовлении рабочей решетки приведет</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">а)</td> <td>к уменьшению степени реактивности ступени</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">б)</td> <td>к уменьшению профильных потерь</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">в)</td> <td>к увеличению расхода через ступень при работе в группе ступеней</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">г)</td> <td>к увеличению периферийных утечек</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">д)</td> <td>к увеличению осевых усилий</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding-top: 10px;">5.Увеличение диафрагменной протечки приведет</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">а)</td> <td>к снижению расхода через сопловую решетку</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">б)</td> <td>к снижению осевых усилий</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">в)</td> <td>к снижению расхода через рабочую решетку</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">г)</td> <td>к увеличению степени реактивности ступени</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">д)</td> <td>к снижению внутреннего относительного КПД η_{oi} ступени</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding-top: 10px;">6.Особенности переменного режима ступени влажнопаровых турбин для АЭС связаны с</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">а)</td> <td>изменением коэффициентов скорости в решетках</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">б)</td> <td>изменением степени реактивности</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">в)</td> <td>изменением коэффициентов расхода решеток</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">г)</td> <td>Со степенью реактивности на расчетном режиме</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">д)</td> <td>малым располагаемым теплоперепадом H_0</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding-top: 10px;">7.При уменьшении начальной температуры перед ступенью T_0 ($p_0 = const$)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">а)</td> <td>увеличатся напряжения в рабочих</td> </tr> </table>	д)	при увеличении угла α_1 эфф	3.КПД ступени при изменении режима работы зависит		а)	От степени влажности на расчетном режиме	б)	от степени реактивности ступени на расчетном режиме	в)	от параметра z	г)	от давления на входе в ступень на расчетном режиме	д)	от отношения $u/cф$	4.Увеличение угла β_2эфф при изготовлении рабочей решетки приведет		а)	к уменьшению степени реактивности ступени	б)	к уменьшению профильных потерь	в)	к увеличению расхода через ступень при работе в группе ступеней	г)	к увеличению периферийных утечек	д)	к увеличению осевых усилий	5.Увеличение диафрагменной протечки приведет		а)	к снижению расхода через сопловую решетку	б)	к снижению осевых усилий	в)	к снижению расхода через рабочую решетку	г)	к увеличению степени реактивности ступени	д)	к снижению внутреннего относительного КПД η_{oi} ступени	6.Особенности переменного режима ступени влажнопаровых турбин для АЭС связаны с		а)	изменением коэффициентов скорости в решетках	б)	изменением степени реактивности	в)	изменением коэффициентов расхода решеток	г)	Со степенью реактивности на расчетном режиме	д)	малым располагаемым теплоперепадом H_0	7.При уменьшении начальной температуры перед ступенью T_0 ($p_0 = const$)		а)	увеличатся напряжения в рабочих
д)	при увеличении угла α_1 эфф																																																						
3.КПД ступени при изменении режима работы зависит																																																							
а)	От степени влажности на расчетном режиме																																																						
б)	от степени реактивности ступени на расчетном режиме																																																						
в)	от параметра z																																																						
г)	от давления на входе в ступень на расчетном режиме																																																						
д)	от отношения $u/cф$																																																						
4.Увеличение угла β_2эфф при изготовлении рабочей решетки приведет																																																							
а)	к уменьшению степени реактивности ступени																																																						
б)	к уменьшению профильных потерь																																																						
в)	к увеличению расхода через ступень при работе в группе ступеней																																																						
г)	к увеличению периферийных утечек																																																						
д)	к увеличению осевых усилий																																																						
5.Увеличение диафрагменной протечки приведет																																																							
а)	к снижению расхода через сопловую решетку																																																						
б)	к снижению осевых усилий																																																						
в)	к снижению расхода через рабочую решетку																																																						
г)	к увеличению степени реактивности ступени																																																						
д)	к снижению внутреннего относительного КПД η_{oi} ступени																																																						
6.Особенности переменного режима ступени влажнопаровых турбин для АЭС связаны с																																																							
а)	изменением коэффициентов скорости в решетках																																																						
б)	изменением степени реактивности																																																						
в)	изменением коэффициентов расхода решеток																																																						
г)	Со степенью реактивности на расчетном режиме																																																						
д)	малым располагаемым теплоперепадом H_0																																																						
7.При уменьшении начальной температуры перед ступенью T_0 ($p_0 = const$)																																																							
а)	увеличатся напряжения в рабочих																																																						

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки																																								
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>лопатках</td> </tr> <tr> <td>б)</td> <td>расход пара уменьшится</td> </tr> <tr> <td>в)</td> <td>увеличится КПД ступени</td> </tr> <tr> <td>г)</td> <td>уменьшится степень реактивности</td> </tr> <tr> <td>д)</td> <td>увеличатся осевые усилия</td> </tr> </table> <p>8. При уменьшении начального давления p_0 ($T_0 = \text{const}$) перед ступенью</p> <table border="1"> <tr> <td>а)</td> <td>мощность турбины не изменится</td> </tr> <tr> <td>б)</td> <td>уменьшение мощности пропорционально уменьшению начального давления</td> </tr> <tr> <td>в)</td> <td>изменением КПД турбины можно пренебречь</td> </tr> <tr> <td>г)</td> <td>уменьшатся напряжения в элементах проточной части</td> </tr> <tr> <td>д)</td> <td>напряжения в элементах проточной части не изменятся</td> </tr> </table> <p>9. Уменьшение конечного давления пара за ступенью</p> <table border="1"> <tr> <td>а)</td> <td>всегда приводит к увеличению КПД</td> </tr> <tr> <td>б)</td> <td>всегда приводит к увеличению мощности ступени</td> </tr> <tr> <td>в)</td> <td>приводит к увеличению напряжений в ступени</td> </tr> <tr> <td>г)</td> <td>к изменению коэффициентов расхода</td> </tr> <tr> <td>д)</td> <td>к увеличению степени реактивности</td> </tr> </table> <p>10. Уменьшение влажности при переменном режиме ступени приводит</p> <table border="1"> <tr> <td>а)</td> <td>приводит к повышению углов выхода из сопловой решетки</td> </tr> <tr> <td>б)</td> <td>уменьшению степени реактивности ступени</td> </tr> <tr> <td>в)</td> <td>увеличению коэффициентов расхода</td> </tr> <tr> <td>г)</td> <td>к увеличению располагаемого теплоперепада</td> </tr> <tr> <td>д)</td> <td>Увеличению КПД ступени</td> </tr> </table>		лопатках	б)	расход пара уменьшится	в)	увеличится КПД ступени	г)	уменьшится степень реактивности	д)	увеличатся осевые усилия	а)	мощность турбины не изменится	б)	уменьшение мощности пропорционально уменьшению начального давления	в)	изменением КПД турбины можно пренебречь	г)	уменьшатся напряжения в элементах проточной части	д)	напряжения в элементах проточной части не изменятся	а)	всегда приводит к увеличению КПД	б)	всегда приводит к увеличению мощности ступени	в)	приводит к увеличению напряжений в ступени	г)	к изменению коэффициентов расхода	д)	к увеличению степени реактивности	а)	приводит к повышению углов выхода из сопловой решетки	б)	уменьшению степени реактивности ступени	в)	увеличению коэффициентов расхода	г)	к увеличению располагаемого теплоперепада	д)	Увеличению КПД ступени
	лопатках																																								
б)	расход пара уменьшится																																								
в)	увеличится КПД ступени																																								
г)	уменьшится степень реактивности																																								
д)	увеличатся осевые усилия																																								
а)	мощность турбины не изменится																																								
б)	уменьшение мощности пропорционально уменьшению начального давления																																								
в)	изменением КПД турбины можно пренебречь																																								
г)	уменьшатся напряжения в элементах проточной части																																								
д)	напряжения в элементах проточной части не изменятся																																								
а)	всегда приводит к увеличению КПД																																								
б)	всегда приводит к увеличению мощности ступени																																								
в)	приводит к увеличению напряжений в ступени																																								
г)	к изменению коэффициентов расхода																																								
д)	к увеличению степени реактивности																																								
а)	приводит к повышению углов выхода из сопловой решетки																																								
б)	уменьшению степени реактивности ступени																																								
в)	увеличению коэффициентов расхода																																								
г)	к увеличению располагаемого теплоперепада																																								
д)	Увеличению КПД ступени																																								

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 2 вопроса даны неправильные ответы.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 5 вопросов даны неправильные ответы.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не более чем на 10 вопросов даны неправильные ответы.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если более чем на 10 вопросов даны неправильные ответы.

КМ-4. Контрольная работа №2 «Характеристики работы паротурбинной установки на нерасчетных режимах»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит три задачи. Время выполнения – не более 90 минут. Для решения задач могут предоставляться справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s -диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара") и сетка расходов.

Краткое содержание задания:

Задача №1

Номинальные параметры паровой турбины К-150-8,8: $t_{00} = 530^\circ\text{C}$, $h_{п.в.} = 970$ кДж/кг, $p_k = 5$ кПа. Определить относительное изменение внутренней мощности турбины при понижении давления свежего пара на $\Delta p_0 = 0,4$ МПа. Положение регулирующих клапанов при снижении давления не меняется.

Задача №2

Определить, на сколько надо изменить расход пара через турбину для сохранения давления в камере регулирующей ступени при засолении проточной части, уменьшившем проходную площадь нерегулируемых ступеней на 7%. Известно: $p_0 = 12$ Мпа; $p_{р.ст0} = 6,7$ Мпа; $p_{z0} = 0,08$ Мпа. Положение регулирующих клапанов не изменяется.

Задача №3

Как изменится осевое усилие, действующее на упорный подшипник конденсационной паровой турбины, на режиме $G_1 = 0,8 G_0$, если на номинальном режиме оно равно $R_a = 100$ кн. Результат объяснить.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: оценивать экономичность и надежность работы турбины при изменении режима ее работы	1. Определить относительное изменение внутренней мощности турбины при понижении давления свежего пара. 2. Рассчитать осевое усилие, действующее на упорный подшипник конденсационной паровой турбины.
Уметь: принимать обоснованные технические решения при проектировании паротурбинной установки, надежно работающей при отклонении режимных параметров от расчетных	1. Определить, на сколько надо изменить расход пара через турбину для сохранения давления в камере регулирующей ступени при засолении проточной части, уменьшившем проходную площадь нерегулируемых ступеней.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если три задачи решены полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если две задачи решены верно, а одна задача решена неверно - есть недочеты: не указаны размерности, ошибки в арифметических вычислениях, искажающие результат не более чем в два раза.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если две задачи решены верно, а одна неверно, либо студент не приступал к ее решению.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно решена только одна задача.

КМ-5. Выполнение и защита расчетного задания «Переменный режим ступени большой верности»

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Обучающемуся выдается индивидуальное задание не позднее 4 недели. При выполнении расчетного задания используются справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М.: Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s -диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара"). К защите задания допускаются обучающиеся, полностью верно выполнившие расчетное задание. На защите обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по выполненному расчетному заданию. Время опроса - не более 15 мин.

Краткое содержание задания:

Рассчитать переменный режим ступени большой верности по программе «REGIM_STUF» в среде DELPHI. Конструктивные параметры ступени заданы в файле «Конструктивные параметры».

Параметры расчетного режима ЦНД:

1. Расход $G_0 = 50$ кг/с;
2. Давление полного торможения $p_{00} = 0,103$ Мпа;
3. Конечное давление $p_{к0} = 0,005$ Мпа;

Параметры расчетного режима ступени:

1. Расход $G_0 = 50$ кг/с;
2. Давление полного торможения $p_{00} = 0,014$ Мпа;
3. Энтальпия полного торможения $h_{00} = 2318$ кДж/кг; $S_0 = 7,181$ кДж/кг;
4. Теплоперепад $H_{00} = 129$ кДж/кг;
5. Степень реактивности на среднем радиусе 0,64;
4. $(GV_2)_0 = 1200$ м³/с; $(u/cф)_0 = 0,76$; $\eta_{oi} = 0,769$.

Параметры переменного режима ЦНД взять из таблицы для своего варианта по номеру в алфавитном списке.

Примечание: Оценить недостающие параметры переменного режима ступени по формуле Стодола-Флюгеля, рассчитать ступень по программе «REGIM_STUF». Второй

вариант расчета выполнить для ступени с меридиональным профилированием $\delta_k = 12^\circ$, причем d изменяется по линейному закону до 0 в среднем сечении.

Таблица

Вариант	1	2	3	4			
p_{k1} , МПа	0,0060 $G=\text{const}$	0,0065 $G=\text{const}$	0,0070 $G=\text{const}$	0,0075 $G=\text{const}$			
Вариант	5	6	7	8	9	10	
p_{01} , МПа перед ЦНД	0,096 $p_k=\text{const}$	0,094 $p_k=\text{const}$	0,092 $p_k=\text{const}$	0,090 $p_k=\text{const}$	0,088 $p_k=\text{const}$	0,086 $p_k=\text{const}$	
Вариант	11	12	13	14	15	16	17
G , кг/с	0,90G0 $p_k=\text{const}$	0,85G0 $p_k=\text{const}$	0,80G0 $p_k=\text{const}$	0,75G0 $p_k=\text{const}$	0,7G0 $p_k=\text{const}$	0,65G0 $p_k=\text{const}$	0,6G0 $p_k=\text{const}$
Вариант	18	19	20	21	22	23	24
p_{01} , МПа перед ЦНД	0,100 $p_k=0,006$	0,096 $p_k=0,006$	0,094 $p_k=0,006$	0,092 $p_k=0,006$	0,090 $p_k=0,006$	0,088 $p_k=0,006$	0,086 $p_k=0,006$

В расчетной записке обосновать выбор параметров переменного режима, представить варианты расчета заданного переменного режима для исходной ступени и ступени с саблевидной сопловой решеткой, а также сформулировать подробные выводы по результатам расчетов.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: оценивать экономичность и надежность работы турбинной ступени при изменении режима ее работы	1.Сформулировать подробные выводы по результатам расчетов.
Уметь: оценивать экономичность и надежность работы турбины при изменении режима ее работы	1.Обосновать выбор параметров переменного режима.
Уметь: проводить поверочный расчет турбинной ступени большой верности на переменных режимах работы	1.Рассчитать ступень по программе «REGIM_STUF».
Уметь: выбирать основные параметры последней ступени турбины при ее проектировании, надежно работающей при сниженных нагрузках	1.Выполнить расчет заданного переменного режима для исходной ступени и ступени с саблевидной сопловой решеткой. 2.Оценить недостающие параметры переменного режима ступени по формуле Стодола-Флюгеля. 3.Второй вариант расчета выполнить для ступени с меридиональным профилированием $\delta_k = 12^\circ$, причем d изменяется по линейному закону до 0 в среднем сечении.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание выполнено в срок, расчетная записка соответствует установленным требованиям и сделаны развернутые

выводы, подкрепленные графиками и количественными оценками, на защите на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание выполнено в срок, расчетная записка соответствует установленным требованиям, но выводы неполные или отсутствуют количественные оценки результатов, на защите на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание выполнено в срок, расчетная записка не соответствует установленным требованиям, а выводы сделаны частично ошибочные по некоторым теоретическим вопросам и отсутствуют количественные оценки результатов, на защите не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если выполнены только расчеты по программе, но отсутствуют выводы или они в целом неверны, на защите даны ответы менее чем на половину вопросов.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № XX	Утверждаю
	Кафедра Паровых и газовых турбин им. А.В. Щегляева	Зав. кафедрой
		Дисциплина «Переменные режимы ПТУ»
	Институт ЭиМИ	20XX г.
1. Степень реактивности ступени при изменении параметра $u/cф$. 2. Влияние изменения конечного давления пара на мощность и экономичность турбины. Универсальная зависимость изменения мощности от конечного давления. 3. Задача Определить, на сколько надо изменить расход пара через турбину для сохранения давления в камере регулирующей ступени при засолении проточной части, уменьшившем проходную площадь нерегулируемых ступеней на 7%. Известно: $p_0 = 12\text{МПа}$; $p_{р.ст0} = 6,7\text{ МПа}$; $p_{z0} = 0,08\text{ МПа}$. Положение регулирующих клапанов не изменяется		

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическую задачу.

Время на подготовку - не более 60 мин.

Время опроса - не более 30 мин.

Для решения практической задачи могут предоставляться справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s-диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара")

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Примеры теоретических вопросов

1. Влияние изменения параметров промежуточного перегрева пара на мощность и прочностные характеристики турбины.
2. Влияние изменения давления в регенеративных отборах турбины на ее работу.
3. Дроссельное парораспределение. Потери от дросселирования. Влияние изменения начальных параметров пара на работу турбин с дроссельным парораспределением.
4. Переменный режим для турбин с противодавлением. Изменение давления пара за турбиной с противодавлением.
5. Переменный режим работы ступени. Критерии для анализа переменного режима ступеней.

6. Влияние изменения расхода пара на характеристики турбинных решеток и ступени в целом.
7. Влияние изменения конечного давления пара на надежность отдельных элементов турбины.
8. Степень реактивности ступени при изменении параметра $u/cф$.
9. Влияние изменения площади решеток на степень реактивности турбинной ступени.
10. Влияние изменения начальной температуры пара на мощность и прочностные характеристики турбины.
11. Влияние изменения конечного давления пара на мощность и экономичность турбины. Универсальная зависимость изменения мощности от конечного давления.
12. Влияние переменных частоты вращения и проходной площади решеток на расход пара в группе ступеней. КПД группы ступеней.
13. Особенности переменного режима работы последних ступеней. Переход ступени в режим потребления мощности.
14. Переменный режим работы группы ступеней. Расход пара. Конус расхода пара.
15. Распределение давлений и теплоперепадов по ступеням отсека при изменении режима работы.
16. Влияние технологических отклонений, изменения зазоров на характеристики ступени и работу турбины.
17. Особенности переменных режимов работы турбин АЭС. Эрозия лопаток и неподвижных деталей.
18. Основные принципы модернизации и реконструкции турбин. Модернизация с целью повышения надежности

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Задания формируются случайным образом из базы заданий. В тестирование включены теоретические вопросы, предполагающие либо выбор одного верного ответа из предложенных, либо нескольких верных ответов из предложенных вариантов, и задания свободного изложения и(или) небольшие вычислительные задачи на основе КМ

2. Компетенция/Индикатор: ИД-3ПК-2 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и эффективности

Вопросы, задания

1. Примеры практических задач

Задача №1

Номинальные параметры паровой турбины К-150-90: $t_{00} = 530^{\circ}\text{C}$, $h_{п.в.} = 970$ кДж/кг, $p_k = 5$ кПа. Определить относительное изменение удельного расхода теплоты $\Delta q_i / q_i$ при повышении температуры свежего пара на $\Delta t_0 = 10^{\circ}\text{C}$. Положение регулирующих клапанов при снижении давления не меняется. Как изменится расход?

Задача №2

Номинальные параметры паровой турбины К-100-90: Расход в конденсаторе $G_k = 90$ кг/с; давление в конденсаторе $p_k = 4$ кПа (течение в последней ступени дозвуковое). Определить внутреннюю мощность турбины N_i при увеличении давления в конденсаторе на $\Delta p_k = 3$ кПа, если при относительном снижении давления $p_k / G_k = 0,1$ кПа/кг/с. Относительное снижение мощности DN_i / G_k составляет 75 кВт/кг/с.

Задача №3

Определить, на сколько надо изменить расход пара через турбину для сохранения давления в камере регулирующей ступени при засолении проточной части, уменьшившем проходную площадь нерегулируемых ступеней на 7%. Известно: $p_0 = 12$

МПа; $p_{р.ст0} = 6,7$ МПа; $p_{z0} = 0,08$ МПа. Положение регулирующих клапанов не изменяется.

Задача №4

Максимальный пропуск пара в ЧСД теплофикационной турбины $G_1 = 85$ кг/с обеспечивается при полном подводе пара к регулирующей ступени ЧСД и одновременном повышении начального давления с $p_{00} = 1,4$ МПа до $p_0 = 1,6$ МПа. Давление отопительного отбора $p_z = 0,08$ МПа. Найти степень парциальности на расчетном режиме, если давление в камере регулирующей ступени $p_{р.ст0} = 0,9$ МПа, расход $G_0 = 70$ кг/с.

Задача №5

Вследствие эрозионного износа в паровой конденсационной турбине К-1000-60 удалены сопловые лопатки промежуточной ступени. Определить, как необходимо изменить расход пара при постоянном давлении в конденсаторе, чтобы в диафрагме последней ступени и рабочих лопатках предыдущей ступени не увеличились напряжения. Параметры последней ступени: $p_{0ст} = 0,957$ МПа, $x_{0ст} = 0,89$, $p_2 = 0,594$ МПа, предпоследней: $p_{0ст} = 1,52$ МПа, $x_{0ст} = 0,9$, их КПД $\eta_{oi0} = 0,875$; реактивность последней и предпоследней ступени $r_{ср} = 0,4$ и $r_{ср} = 0,3$ соответственно

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Задания формируются случайным образом из базы заданий. В тестирование включены теоретические вопросы, предполагающие либо выбор одного верного ответа из предложенных, либо нескольких верных ответов из предложенных вариантов, и задания свободного изложения и(или) небольшие вычислительные задачи на основе КМ

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляются, если правильно решена задача и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляются, если правильно решена задача, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляются, если в решении задачи допущены ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляются, если задача не решена или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для оценки 3 («удовлетворительно»)

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.