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

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Оценочные материалы
по дисциплине
Турбины тепловых и атомных электростанций

Москва
2024

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Оболенский С.И. Идентификатор: R4210572c-ChusovSI-7ebcd3e8	С.И. Оболенский

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Плешанов К.А. Идентификатор: R002eb276-PleshanovKA-9092810	К.А. Плешанов
Заведующий выпускающей кафедрой	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Плешанов К.А. Идентификатор: R002eb276-PleshanovKA-9092810	К.А. Плешанов

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-1 Способен к конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-2 Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности

ИД-3 Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. «Расчёт ГТУ» (Контрольная работа)
2. «Расчёт и конструирование многоступенчатых паровых турбин» (Тестирование)
3. «Расчёт и построение треугольников скоростей ступени» (Контрольная работа)
4. «Расчёт ПГУ с КУ» (Контрольная работа)
5. «Схемы и циклы ПТУ» (Контрольная работа)
6. Типовой расчет «Расчёт ступени паровой турбины» (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 «Схемы и циклы ПТУ» (Контрольная работа)
КМ-2 «Расчёт и построение треугольников скоростей ступени» (Контрольная работа)
КМ-3 «Расчёт и конструирование многоступенчатых паровых турбин» (Тестирование)
КМ-4 «Расчёт ГТУ» (Контрольная работа)
КМ-5 «Расчёт ПГУ с КУ» (Контрольная работа)
КМ-6 Типовой расчет «Расчёт ступени паровой турбины» (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	3	7	9	11	13	15
Схемы, циклы и эффективность ПТУ. Классификация турбин							
Схемы, циклы и эффективность ПТУ. Классификация турбин.		+					

Основы расчёта и конструирования ступени турбины						
Основы расчёта и конструирования ступени турбины		+				+
Основы расчёта и проектирования многоступенчатой паровой турбины						
Основы расчёта и проектирования многоступенчатой паровой турбины			+			
Основы расчёта газотурбинных установок						
Основы расчёта газотурбинных установок				+	+	
Основы расчёта парогазовых установок						
Основы расчёта парогазовых установок				+	+	
Вес КМ:	15	20	20	10	10	25

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

Вид промежуточной аттестации – .

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
	Индекс КМ:
	Срок КМ:
	Вес КМ:

БРС курсовой работы/проекта

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 Соблюдение графика выполнения КП
КМ-2 Предоставление правильно выполненного расчёта регулирующей ступени
КМ-3 Предоставление правильно выполненной разбивки теплоперепада ЦВД по отсекам, расчёта КПД отсеков
КМ-4 Предоставление правильно выполненного расчёта числа ступеней ЦВД
КМ-5 Предоставление правильно выполненного расчёта последней ступени ЦВД
КМ-6 Предоставление правильно выполненного чертежа последней ступени ЦВД
КМ-7 Предоставление правильно выполненного чертежа продольного разреза ЦВД
КМ-8 Соблюдение графика выполнения КП и качество оформления расчетно-пояснительной записки и графического материала

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %

	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	2	4	6	8	10	12	15	16
Ознакомление с заданием на проект и методическими указаниями. Ознакомление с прототипом		+							
Расчёт регулирующей ступени			+						
Разбивка теплоперепада ЦВД по отсекам, расчёт КПД отсеков				+					
Расчёт числа ступеней ЦВД					+				
Расчёт последней ступени ЦВД						+			
Выполнение чертежей последней ступени ЦВД							+		
Выполнение чертежей продольного разреза ЦВД								+	
Оформление расчётно-пояснительной записки и графического материала									+
	Вес КМ:	5	15	10	15	10	15	25	5

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-1	ИД-2$_{ПК-1}$ Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности	Знать: основы термодинамических процессов в турбинах различных типов и основы процессов в ступени турбины, причины потерь в ступени, конструкцию ступени и её КПД Уметь: выполнять газодинамический и прочностной расчёт ступени паровой турбины, выбирать тип ступени и конструкцию лопаточных решёток	КМ-4 «Расчёт и построение треугольников скоростей ступени» (Контрольная работа) КМ-5 Типовой расчет «Расчёт ступени паровой турбины» (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-3$_{ПК-1}$ Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности	Знать: основы процессов в паротурбинной установке, схемы и эффективность, принципы расчёта и основные элементы конструкции основы процессов в	КМ-1 «Схемы и циклы ПТУ» (Контрольная работа) КМ-2 «Расчёт и конструирование многоступенчатых паровых турбин» (Тестирование) КМ-3 «Расчёт ГТУ» (Контрольная работа) КМ-6 «Расчёт ПГУ с КУ» (Контрольная работа)

		газотурбинной и парогазовой установках, их схемы и эффективность, принципы расчёта и основные элементы конструкции основы процессов в многоступенчатой паровой турбине, принципы её проектирования, подходы к выбору её основных параметров Уметь: рассчитывать эффективность цикла ПТУ, разбираться в их схемах, оценивать влияние параметров пара на КПД цикла определять основные параметры ГТУ и ПГУ с КУ	

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. «Схемы и циклы ПТУ»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит одну задачу. Время выполнения 45 минут. Для решения задачи предоставляются справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника, например: Ривкин С.Л, Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия, 1980.

Краткое содержание задания:

Сопоставить работы сжатия в идеальном водяном насосе и расширения в идеальной паровой турбине, и определить термический КПД установки, если $p_0 = 13$ МПа, $t_0 = 540$°С, $p_к = 4$ кПа.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы процессов в паротурбинной установке, схемы и эффективность, принципы расчёта и основные элементы конструкции	1.Сопоставить работы сжатия в идеальном водяном насосе и расширения в идеальной паровой турбине.
Уметь: рассчитывать эффективность цикла ПТУ, разбираться в их схемах, оценивать влияние параметров пара на КПД цикла	1.Определить термический КПД установки

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочётов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно: либо не доделано не более 10% задачи, либо не более одного параметра определено по справочным данным неверно; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 5%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено не менее 80% задачи, либо не более двух параметров определено по справочным данным неверно; либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено менее 80% задачи, либо более двух параметров определено по справочным данным неверно;

либо использованы неправильные формулы; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат более чем на 10%.

КМ-2. «Расчёт и построение треугольников скоростей ступени»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 20
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит одну задачу. Время выполнения 45 минут.

Краткое содержание задания:

Пользуясь транспортиром и линейкой, построить в масштабе 1 мм – 2 м/с входной треугольник скоростей для оптимально спроектированной ступени, если степень реактивности ступени 0,2, коэффициент скорости сопловой решётки 0,98, угол выхода потока из сопловой решётки 13°, средний диаметр ступени 0,95 м, частота вращения 50 об/с. По треугольнику скоростей определить значение относительной скорости на входе в рабочую решётку и угол её направления. При расчётах округлять: параметр $\left(u/c_{ф}\right)_{опт}$ до 3-х знаков после запятой, скорости – до 2-х знаков после запятой, теплоперепады – до целого (в [Дж/кг]). При масштабировании, построении и графическом определении округлять: скорости – до 0,5 мм (в [м/с] – до целого), углы – до 0,5°.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы термодинамических процессов в турбинах различных типов и основы процессов в ступени турбины, причины потерь в ступени, конструкцию ступени и её КПД	1.Построить треугольники скоростей оптимально спроектированной турбинной ступени.
Уметь: выполнять газодинамический и прочностной расчёт ступени паровой турбины, выбирать тип ступени и конструкцию лопаточных решёток	1.По треугольнику скоростей определить значение относительной скорости на входе в рабочую решётку и угол её направления.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочётов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно: либо не доделано не более 10% задачи, либо не более одного параметра определено по справочным данным неверно; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 5%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено не менее 80% задачи, либо не более двух параметров определено по справочным данным неверно; либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено менее 80% задачи, либо более двух параметров определено по справочным данным неверно; либо использованы неправильные формулы; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат более чем на 10%.

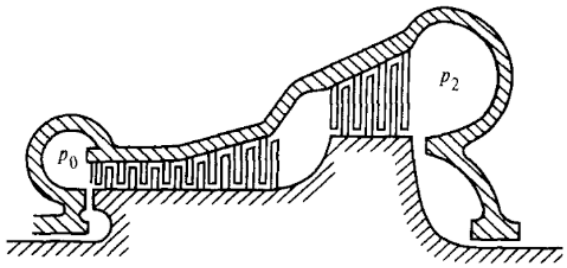
КМ-3. «Расчёт и конструирование многоступенчатых паровых турбин»

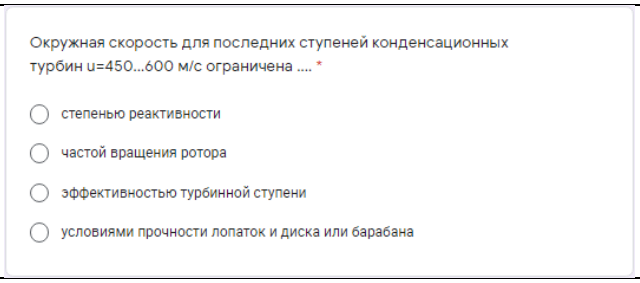
Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 20
Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест состоит из 20 вопросов-утверждений, с которыми необходимо согласиться или не согласиться. Время выполнения 30 минут. Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания – 20.

Краткое содержание задания:

Тест состоит из 20 вопросов. Время выполнения 30 минут. Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания – 20.За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. За все правильные ответы выставляется 20 баллов.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы процессов в многоступенчатой паровой турбине, принципы её проектирования, подходы к выбору её основных параметров	1. На рисунке представлена схема проточной части .... *  ○ многоступенчатой активно-реактивной турбины ○ многоступенчатой реактивной турбины ○ многоступенчатой реактивной турбины с дисковым облопачиванием ○ многоступенчатой активной турбины 2. В современных паротурбинных установках ТЭС и АЭС располагаемый теплоперепад турбины составляет .... * ○ 1000...1800 кДж/кг ○ 500...700 кДж/кг ○ 100...300 кДж/кг ○ 2000...3000 кДж/кг 3. Коэффициент возврата теплоты составляет около .... * ○ 3...8% ○ 10...12% ○ 0,1...0,2% ○ 1,5...2,5% 4.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 19 баллов из 20.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 17 баллов из 20.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 15 баллов из 20.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано менее 15 баллов из 20.

КМ-4. «Расчёт ГТУ»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит одну задачу. Время выполнения 45 минут.

Краткое содержание задания:

Определить удельную работу расширения в газовой турбине, если степень расширения $\delta = 14$, температура перед турбиной $t_г = 1000°C$, коэффициент избытка воздуха $\alpha = 3$, КПД турбины $\eta_т = 0{,}89$.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы процессов в газотурбинной и парогазовой установках, их схемы и эффективность, принципы расчёта и основные элементы конструкции	1.Построить процесс расширения рабочего тела в ГТ в h,s-диаграмме.
Уметь: определять основные параметры ГТУ и ПГУ с КУ	1.Определить удельную работу расширения в газовой турбине.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочётов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно: либо не доделано не более 10% задачи, либо не более одного параметра определено по справочным данным неверно; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 5%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено не менее 80% задачи, либо не более двух параметров определено по справочным данным неверно; либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено менее 80% задачи, либо более двух параметров определено по справочным данным неверно; либо использованы неправильные формулы; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат более чем на 10%.

КМ-5. «Расчёт ПГУ с КУ»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит одну задачу. Время выполнения 45 минут.

Краткое содержание задания:

В котёл-утилизатор поступают продукты сгорания из ГТУ мощностью $N_э^{ГТУ}$ = 150 МВт стандартного углеводородного топлива при $\alpha = 3$, температуре газов на входе в КУ T_d = 520°С с расходом $G_г$ = 677 кг/с. Из КУ выходит пар с параметрами p_0 = 5 МПа, t_0 = 430°С, $p_к$ = 4 кПа. Принять КПД ГТУ $\eta_{ГТУ} = 0{,}313$, $\eta_{oi} = 0{,}87$, $\eta_{мех} = \eta_{эг} = 0{,}99$; температуру атмосферного воздуха T_a = 15°С, минимальный температурный напор в экономайзере КУ $\delta t_{эк}$ = 10°С. Определить: $\eta_{ПТУ}$, $\eta_{КУ}$, $\eta_{ПСУ}$, $\eta_{ПГУ}$, расход пара $G_п$, $N_э^{ПТУ}$, $N_э^{ПГУ}$, удельный расход топлива.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы процессов в газотурбинной и парогазовой установках, их схемы и эффективность, принципы расчёта и основные элементы конструкции	1.Изобразить Q,t-диаграмму КУ.
Уметь: определять основные параметры ГТУ и ПГУ с КУ	1.Определить основные параметры ГТУ и ПГУ с КУ.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочётов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно: либо не доделано не более 10% задачи, либо не более одного параметра определено по справочным данным неверно; либо присутствуют арифметические ошибки в

вычислениях, искажающие результат не более чем на 5%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено не менее 80% задачи, либо не более двух параметров определено по справочным данным неверно; либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено менее 80% задачи, либо более двух параметров определено по справочным данным неверно; либо использованы неправильные формулы; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат более чем на 10%.

КМ-6. Типовой расчет «Расчёт ступени паровой турбины»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Обучающемуся выдается индивидуальное задание. Срок выполнения типового расчёта – до 13 недели. Оценивается правильность выполнения всех пунктов расчёта в установленный срок. Для выполнения типового расчёта требуются справочные данные (таблицы профилей МЭИ и диаграммы), приведённые в учебнике Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций. / А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний. М.: Издательский дом МЭИ, 2018.

Краткое содержание задания:

Рассчитать ступень на следующие начальные данные:
Тип ступени: регулирующая.
Начальное давление: $\overline{p}_0 = 23{,}5$ МПа.
Начальная температура: $\overline{t}_0 = 560$°С.
Расход пара: $G = 260$ кг/с.
Частота вращения: $n = 50$ Гц.
Скорость на входе в ступень: $c_0 = 0$ м/с.
Необходимыми для расчёта данными нужно обоснованно задаться самостоятельно.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы термодинамических процессов в турбинах различных типов и основы процессов в ступени турбины, причины потерь в ступени, конструкцию ступени и её КПД	1.Построить процесс расширения рабочего тела в турбинной ступени в h,s-диаграмме, указав основные теплоперепады и потери в ступени.
Уметь: выполнять газодинамический и прочностной расчёт ступени паровой турбины, выбирать тип ступени и конструкцию лопаточных решёток	1.Выполнить газодинамический и прочностной расчёт ступени паровой турбины.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если расчёт сдан без опоздания, и по результатам проверки было высказано не более 5 замечаний, которые были исправлены с первой попытки.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если по результатам проверки было высказано не более 10 замечаний, которые были исправлены не более чем со второй попытки, либо расчёт был сдан с опозданием не более чем на 1 неделю.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если по ходу расчёта было высказано более 10 замечаний, либо расчёт был сдан с опозданием более чем на 1 неделю.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если расчёт не был сдан; либо не были исправлены все замечания по расчёту.

Для курсового проекта/работы

7 семестр

I. Описание КП/КР

Обучающемуся выдается индивидуальное задание.

II. Примеры задания и темы работы

Пример задания

*Исходные данные к расчёту регулирующей ступени для студентов с **нечётными** номерами по журналу:*

Давление на входе в турбину: $p_0 = 23,3 + N/10$ [МПа]
Температура пара перед ступенью: $t_0 = 545 + N$ [°C]
Расход пара через ступень: $G_0 = 260 + N/2$ [кг/с]
Располагаемый теплоперепад: $H_0 = 95 + N$ [кДж/кг]
Степень реактивности: $\rho = 0,05$
Частота вращения ротора турбины: $n = 50$ [$с^{-1}$]
Средний диаметр регулирующей ступени: $d_{ср} = 1,1 + N/100$ [м]
Количество сегментов в сопловой коробке: 4 шт.
Угол выхода потока пара из сопловой решётки: $\alpha_1 = 14°$
Давление за последней ступенью ЦВД: $p_z = 3,6 + N/10$ [МПа]

Студенты с **чётными** номерами по журналу (2,4,6 и т.д.) имеют в качестве прототипа турбину **К-800-23,5 ЛМЗ**

*Исходные данные к расчёту регулирующей ступени для студентов с **чётными** номерами по журналу:*

Давление пара перед ступенью: $p_0 = 23,4 + N/10$ [МПа]
Температура пара перед ступенью: $t_0 = 555 + N$ [°C]
Расход пара через ступень: $G_0 = 630 + N/2$ [кг/с]
Располагаемый теплоперепад: $H_0 = 95 + N$ [кДж/кг]
Степень реактивности: $\rho = 0,05$
Частота вращения ротора турбины: $n = 50$ [$с^{-1}$]
Средний диаметр регулирующей ступени: $d_{ср} = 1,1 + N/100$ [м]
Количество сегментов в сопловой коробке: 4 шт.
Угол выхода потока пара из сопловой решётки: $\alpha_1 = 16°$
Давление за последней ступенью ЦВД: $p_z = 3,9 + N/10$ [МПа]

Тематика КП/КР:

Расчёт и проектирование ЦВД паровой турбины

КМ-1. Соблюдение графика выполнения КП
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено в срок, подписано преподавателем и студентом, принято студентом к исполнению.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 1 неделю, подписано преподавателем и студентом, принято студентом к исполнению.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с запозданием более чем на 2 недели, подписано преподавателем и студентом, принято студентом к исполнению.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание получено с запозданием более чем на 2 недели, подписано преподавателем и студентом, но не принято студентом к исполнению.

КМ-2. Предоставление правильно выполненного расчёта регулирующей ступени
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты в данном разделе; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если раздел сделан полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в данном разделе.

КМ-3. Предоставление правильно выполненной разбивки теплоперепада ЦВД по отсекам, расчёта КПД отсеков
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты в данном разделе; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если раздел сделан полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в данном разделе.

КМ-4. Предоставление правильно выполненного расчёта числа ступеней ЦВД
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты в данном разделе; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если раздел сделан полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в данном разделе.

КМ-5. Предоставление правильно выполненного расчёта последней ступени ЦВД
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты в данном разделе; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если раздел сделан полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в данном разделе.

КМ-6. Предоставление правильно выполненного чертежа последней ступени ЦВД
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если чертеж выполнен полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если чертеж сделан полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если чертеж сделан полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если в чертеже присутствуют ошибки; либо он выполнен не в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями.

КМ-7. Предоставление правильно выполненного чертежа продольного разреза ЦВД
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если чертеж выполнен полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если чертеж сделан полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если чертеж сделан полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если в чертеже присутствуют ошибки; либо он выполнен не в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями.

КМ-8. Соблюдение графика выполнения КП и качество оформления расчетно-пояснительной записки и графического материала
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если РПЗ выполнена полностью в соответствии с заданием и оформлена в соответствии с требованиями, имеет четкое построение, логическую последовательность изложения материала.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если РПЗ выполнена в соответствии с заданием и оформлена в соответствии с требованиями, однако имеет отдельные отклонения и неточности в построении, логической последовательности изложения материала.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если РПЗ выполнена в соответствии с заданием и оформлена в соответствии с требованиями, однако имеет отдельные отклонения и нарушения в логическом изложения материала.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если РПЗ не оформлена в соответствии с требованиями.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

НИУ МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1	*Утверждаю*
	Кафедра Паровых и газовых турбин им. А.В. Щегляева	Зав. кафедрой
	Дисциплина «Турбины тепловых и атомных электростанций»	
	ЭнМИ	2021 г.
1. Предельная мощность однопоточной турбины. Способы повышения единичной мощности турбины. 2. Способы охлаждения элементов газовых турбин. 3. Задача: Даны треугольники скоростей для промежуточной ступени: $u = 286$ м/с; $c_1 = 476$ м/с; $c_2 = 105$ м/с; $\alpha_1 = 12°$; $\alpha_2 = 90°$. Коэффициенты скорости $\varphi = 0{,}96$; $\psi = 0{,}91$. Скорость на входе в ступень $c_0 = 90{,}0$ м/с. Определить степень реактивности ступени. Является ли эта ступень активной?		

Процедура проведения

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическую задачу.
Время подготовки ответа – 60 минут.
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").

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2$_{ПК-1}$ Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Примеры теоретических вопросов:

1. Значения параметров рабочей среды на входе в паровую турбину (для турбин докритических и сверхкритических параметров), в промперегревательном тракте, в конденсаторе, а также соответствующих расходов водяного пара.
2. Циклы Карно и Ренкина, процессы в паротурбинной и газотурбинной установке по t-s и h-s–диаграммам.
3. Назначение и конструкция конденсатора, его принцип действия и роль в формировании тепловой экономичности турбоустановки.
4. Устройство, схема и принцип работы КУ.
5. Устройство, схема и принцип работы ГТУ.
6. Ступень паровой турбины, её конструкция, тепловой процесс в ступени турбины.
7. Устройство, схема и принцип работы ПГУ.
8. Q,t-диаграмма котла-утилизатора.

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-З$_{ПК-1}$ Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.1. Типы и маркировки паровых и газовых турбин.
2. Выбор способа парораспределения для проектируемой турбины, его конструктивные признаки, преимущества и недостатки в сравнении с другими. Схемы, процессы в h-s диаграмме.
3. Процесс расширения пара в проточной части ступени (h,s-диаграмма).
4. Расчёт и построение треугольников скоростей.
5. Степень реактивности. Активные и реактивные ступени. Схемы ступеней, формы профилей и межлопаточных каналов, процессы в h-s диаграмме. Влияние степени реактивности на конструкцию ступени; преимущества и недостатки активных и реактивных ступеней.
6. Основные виды и причины потерь в решётках. Абсолютные и относительные потери.
7. Лабиринтные уплотнения (схема, процесс в h-s–диаграмме).
8. Дополнительные потери в ступени, виды и причины потерь.
9. Мощность и работа ступени. Расчёт удельной работы через баланс энергии в ступени (по h-s–диаграмме).
10. Необходимость и преимущества многоступенчатого исполнения проточной части турбины. Коэффициент возврата тепла.
11. Внутренняя мощность турбины. Предельная мощность однопоточной турбины. Преимущества и недостатки многоцилиндровой конструкции турбины.
12. Назначение регулирующей ступени. Условия выбора одно- и двухвенечных ступеней, а также их средних диаметров. Конструкция регулирующей ступени.

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: выставляется, если правильно выполнено практическое задание 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: выставляется, если правильно выполнено практическое задание или в нём допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объёме, но

обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если практическое задание не выполнено 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.

Для курсового проекта/работы:

7 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

На защите курсового проекта обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по представленной расчётно-пояснительной записке и графическому материалу.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы (на 10 заданных вопросов – 10 правильных ответов).

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильных ответов на задаваемые вопросы было от 80 до 90% (на 10 заданных вопросов – не менее 8-9 правильных ответов).

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильных ответов на задаваемые вопросы было от 60 до 70% (на 10 заданных вопросов – не менее 6-7 правильных ответов).

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильных ответов на задаваемые вопросы было не более 50% (на 10 заданных вопросов – не более 5 правильных ответов).

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».