

**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  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

С.И. Чусов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

(подпись)

К.А.

Плешанов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

(подпись)

К.А.

Плешанов

(расшифровка  
подписи)

## 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

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

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

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

**БРС курсовой работы/проекта**

7 семестр

Раздел дисциплины	Весы 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	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-2ПК-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	«Расчёт и построение треугольников скоростей ступени» (Контрольная работа) Типовой расчет «Расчёт ступени паровой турбины» (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-3ПК-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	«Схемы и циклы ПТУ» (Контрольная работа) «Расчёт и конструирование многоступенчатых паровых турбин» (Тестирование) «Расчёт ГТУ» (Контрольная работа) «Расчёт ПГУ с КУ» (Контрольная работа)

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

## 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,  $t_0 = 540^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 4$  кПа.

#### Контрольные вопросы/задания:

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*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочётов; у всех величин указана размерность.

*Оценка: 4*

*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*

*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%.

### 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  $(u/c_0)_{opt}$  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:**

<p><b>Знать:</b> основы термодинамических процессов в турбинах различных типов и основы процессов в ступени турбины, причины потерь в ступени, конструкцию ступени и её КПД</p>	<p>1. Построить треугольники скоростей оптимально спроектированной турбинной ступени.</p>
<p><b>Уметь:</b> выполнять газодинамический и прочностной расчёт ступени паровой турбины, выбирать тип ступени и конструкцию лопаточных решёток</p>	<p>1. По треугольнику скоростей определить значение относительной скорости на входе в рабочую решётку и угол её направления.</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочётов; у всех величин указана размерность.

*Оценка: 4*

*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*

*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%.

**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.

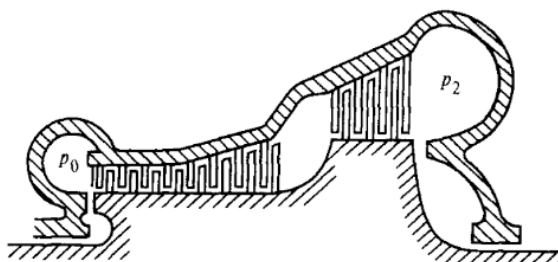
### Краткое содержание задания:

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:

Знать: основы процессов в многоступенчатой паровой турбине, принципы её проектирования, подходы к выбору её основных параметров

На рисунке представлена схема проточной части .... \*



- многоступенчатой активно-реактивной турбины
- многоступенчатой реактивной турбины
- многоступенчатой реактивной турбины с дисковым облопачиванием
- многоступенчатой активной турбины

1.

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

2.

Коэффициент возврата теплоты составляет около .... \*

- 3...8%
- 10...12%
- 0,1...0,2%
- 1,5...2,5%

3.

Окружная скорость для последних ступеней конденсационных турбин  $u=450...600$  м/с ограничена .... \*

- степенью реактивности
- частотой вращения ротора
- эффективностью турбинной ступени
- условиями прочности лопаток и диска или барабана

4.

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 19 баллов из 20.

Оценка: 4

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 17 баллов из 20.

*Оценка:* 3

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не 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  $t_t = 1000^\circ\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 3$ , КПД турбины  $\eta_t = 0,89$ .

#### **Контрольные вопросы/задания:**

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

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочётов; у всех величин указана размерность.

*Оценка:* 4

*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

*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%.

#### **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  $N_{гт}^{ТВ} = 150$  МВт стандартного углеводородного топлива при  $\alpha = 3$ , температуре газов на входе в КУ  $T_{г} = 520^\circ\text{C}$  с расходом  $G_t = 677$  кг/с. Из КУ выходит пар с параметрами  $p_0 = 5$  МПа,  $t_0 = 430^\circ\text{C}$ ,  $p_k = 4$  кПа. Принять КПД ГТУ  $\eta_{гт} = 0,313$ ,  $\eta_{сг} = 0,87$ ,  $\eta_{вс} = \eta_{св} = 0,99$ ; температуру атмосферного воздуха  $T_a = 15^\circ\text{C}$ , минимальный температурный напор в экономайзере КУ  $\delta t_{кв} = 10^\circ\text{C}$ . Определить:  $\eta_{плг}$ ,  $\eta_{ку}$ ,  $\eta_{лсг}$ ,  $\eta_{плг}$ , расход пара  $G_p$ ,  $N_p^{ТВ}$ ,  $N_s^{ТВ}$ , удельный расход топлива.

**Контрольные вопросы/задания:**

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*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочётов; у всех величин указана размерность.

*Оценка: 4*

*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*

*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%.

**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:  $\bar{p}_0 = 23,5$  МПа.  
 Начальная температура:  $\bar{t}_0 = 560^\circ\text{C}$ .  
 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:

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*

*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*

*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*

*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.

### 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<sup>-1</sup>]  
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:  $\alpha_1 = 14^\circ$   
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<sup>-1</sup>]  
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:  $\alpha_1 = 16^\circ$   
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

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

Оценка: 4

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

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.

### КМ-2. Предоставление правильно выполненного расчёта регулирующей ступени

#### Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

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

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*

*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.

### **КМ-3. Предоставление правильно выполненной разбивки теплоперепада ЦВД по отсекам, расчёта КПД отсеков**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*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.

### **КМ-4. Предоставление правильно выполненного расчёта числа ступеней ЦВД**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*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.

### **КМ-5. Предоставление правильно выполненного расчёта последней ступени ЦВД**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*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.

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

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*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.

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

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*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.

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

*Оценка: 5*

*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

*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

*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 изложении материала.



# 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	Дисциплина «Турбины тепловых и атомных электростанций»	Зав. кафедрой
	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;  $\alpha_1 = 12^\circ$ ;  $\alpha_2 = 90^\circ$ .  
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-2ПК-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-3ПК-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*

*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*

*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*

*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.

### ***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*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы (на 10 заданных вопросов – 10 правильных ответов).

*Оценка: 4*

*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*

*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).

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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