

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Наукоемкие технологии и управление инновациями в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Конструирование энергетических установок**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7

В.О. Киндра

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бурмакина А.В.
	Идентификатор	Ree6ce9d4-BurmakinaAV-003bbda

А.В.
Бурмакина

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

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 формировать требования к наукоемким изделиям и разрабатывать мероприятия, направленные на их создание, на всех стадиях жизненного цикла

ИД-1 Оценивает современный технический уровень и определяет требования к наукоемкой продукции

2. ПК-2 Способен применять информационные технологии на всех стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции

ИД-2 Разрабатывает проектно-конструкторские и технологические решения с применением современных средств компьютерного моделирования

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Конструкторский расчет теплообменного аппарата (Контрольная работа)

2. КМ-2. Конструкторский расчет котла-утилизатора (Контрольная работа)

3. КМ-3. Конструкторский расчет турбомашины (Контрольная работа)

4. КМ-4. Конструкторский расчет камеры сгорания (Контрольная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Разработка конструкций теплообменных аппаратов					
Конструктивные особенности теплообменных аппаратов	+				
Методики проведения конструкторских расчетов теплообменных аппаратов	+				
Критерии и основные подходы к оптимизации конструктивных характеристик теплообменных аппаратов	+				
Разработка конструкций котлов-утилизаторов					
Конструктивные особенности котлов-утилизаторов			+		
Методика проведения конструкторского расчета котла-утилизатора			+		

Разработка конструкций турбомашин				
Конструктивные особенности турбомашин			+	
Методики проведения конструкторских расчетов турбомашин			+	
Разработка конструкций камер сгорания				
Конструктивные особенности камер сгорания				+
Методика проведения конструкторского расчета камеры сгорания				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-1 _{ПК-1} Оценивает современный технический уровень и определяет требования к наукоемкой продукции	Знать: знать основные конструктивные особенности и характеристики энергетического оборудования Уметь: осуществлять обоснованный выбор исходных данных для проведения проектно-конструкторских разработок	КМ-1. Конструкторский расчет теплообменного аппарата (Контрольная работа) КМ-3. Конструкторский расчет турбомашины (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-2 _{ПК-2} Разрабатывает проектно-конструкторские и технологические решения с применением современных средств компьютерного моделирования	Знать: методы конструкторских расчетов энергетического оборудования Уметь: проводить оптимизацию конструктивных параметров и характеристик энергетического оборудования	КМ-2. Конструкторский расчет котла-утилизатора (Контрольная работа) КМ-4. Конструкторский расчет камеры сгорания (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1. Конструкторский расчет теплообменного аппарата

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

Знать: знать основные конструктивные особенности и характеристики энергетического оборудования	1. Записать уравнения теплового баланса для двухпоточного теплообменного аппарата 2. Описать алгоритм конструкторского расчета кожухотрубного теплообменного аппарата 3. Описать алгоритм конструкторского расчета пластинчатого теплообменного аппарата
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. Выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. КМ-2. Конструкторский расчет котла-утилизатора

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы конструкторских расчетов энергетического оборудования	1. Рассчитать массовый расход перегретого пара, поступающего в голову турбины из одноконтурного котла утилизатора, если известны следующие параметры: - давление атмосферного воздуха 0,1013 МПа, - температура выхлопных газов газовой турбины 520°C, - массовый расход выхлопных газов 100 кг/с, - давление перегретого пара 5 МПа, - температура перегретого пара 500°C, - гидравлическое сопротивление пароперегревателя 0,2 МПа, - давление воды за экономайзером на 5% больше давления в барабане, - коэффициент, учитывающий потери в окружающую среду с поверхностей нагрева 0,995, - температурный напор на холодном конце испарителя 8°C, - недогрев в экономайзере 9°C, - массовые доли компонентов продуктов сгорания (N₂ = 75%, O₂ = 13%, H₂O = 5%, CO₂ = 7%) 2. Описать алгоритмы теплового расчета котла-утилизатора 3. Изобразить T,q-диаграмму одноконтурного котла-утилизатора
---	---

Описание шкалы оценивания:*Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 85**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 75**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. Выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено**Оценка: 2**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено***КМ-3. КМ-3. Конструкторский расчет турбомашины****Формы реализации:** Письменная работа**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку умения по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: осуществлять обоснованный выбор исходных данных для проведения проектно-конструкторских разработок	1. Определить количество ступеней в осевом компрессоре с постоянным диаметром корпуса и высоту лопаток последней ступени, если известно: - частота вращения компрессора 50 об/с, - массовый расход воздуха 150 кг/с, - потери давления во входном патрубке компрессора 0,98, - температура наружного воздуха 15°C, давление наружного воздуха 1,013 бар, - внутренний относительный КПД проточной части компрессора 84%, - приведенный расход воздуха первой ступени 0,82, - приведенный расход воздуха последней ступени 0,33, - термодинамический коэффициент для воздуха $\tau_{\text{в}}$ 0,0404, - показатель адиабаты для воздуха 1,4, - коэффициент запаса по расходу 0,97, - степень повышения давления в компрессоре 28, - угол выхода потока из ВНА 75°, - относительный диаметр втулки на выходе из компрессора 0,84, - средний коэффициент затраченного напора на ступень 0,4 2. Определить количество ступеней в осевом компрессоре с постоянным диаметром корпуса и высоту лопаток последней ступени, если известно: - частота вращения компрессора 50 об/с, - массовый расход воздуха 200 кг/с, - потери давления во входном патрубке компрессора 0,97, - температура наружного воздуха 15°C, давление наружного воздуха 1,013 бар, - внутренний относительный КПД проточной части компрессора 83%, - приведенный расход воздуха первой ступени 0,81, - приведенный расход воздуха последней ступени 0,32, - термодинамический коэффициент для воздуха $\tau_{\text{в}}$ 0,0404, - показатель адиабаты для воздуха 1,4, - коэффициент запаса по расходу 0,97, - степень повышения давления в компрессоре 28, - угол выхода потока из ВНА 75°, - относительный диаметр втулки на выходе из компрессора 0,87, - средний коэффициент затраченного напора на ступень 0,4
--	---

	3.Описать алгоритм конструкторского расчета паровой турбины
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-4. КМ-4. Конструкторский расчет камеры сгорания

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку умения по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить оптимизацию конструктивных параметров и характеристик энергетического оборудования	1.Рассчитать массовый расход натурального топлива, поступающего в камеру сгорания газовой турбины, если известны следующие параметры: - давление воздуха на выходе из компрессора ГТУ 2,95 МПа, - температура воздуха на выходе из компрессора ГТУ 385°C, - температура продуктов сгорания на входе в турбину 1400°C, - коэффициент потерь давления в камере сгорания 0,97, - низшая теплота сгорания топлива при нормальных условиях 36 МДж/нм³, - плотность топлива при нормальных условиях 0,75 кг/м³, - КПД камеры сгорания 99,4%, массовый расход воздуха 400 кг/с, - массовые доли компонентов продуктов сгорания (N₂ = 73%, O₂ = 8%, H₂O = 8%, CO₂ = 11%) 2.Описать алгоритм конструкторского расчета камеры сгорания 3.Изобразить схему движения потоков топлива, окислителя и разбавителя в камере сгорания
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет №1

1. Виды компрессоров и особенности их рабочего процесса
2. Требования, предъявляемые к системам охлаждения газовых турбин. Способы охлаждения корпуса, подшипников и ротора газовой турбины
3. Рассчитать массовый расход натурального топлива, поступающего в камеру сгорания газовой турбины, если известны следующие параметры:
 - давление воздуха на выходе из компрессора ГТУ 2,95 МПа,
 - температура воздуха на выходе из компрессора ГТУ 385°C,
 - температура продуктов сгорания на входе в турбину 1400°C,
 - коэффициент потерь давления в камере сгорания 0,97,
 - низшая теплота сгорания топлива при нормальных условиях 36 МДж/нм³,
 - плотность топлива при нормальных условиях 0,75 кг/м³,
 - КПД камеры сгорания 99,4%, массовый расход воздуха 400 кг/с,
 - массовые доли компонентов продуктов сгорания (N₂ = 73%, O₂ = 8%, H₂O = 8%, CO₂ = 11%)

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме, включает теоретические вопросы и задание. К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие и защитившие все контрольные мероприятия

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-1 Оценивает современный технический уровень и определяет требования к наукоемкой продукции

Вопросы, задания

1. Формы проточной части осевых компрессоров, их достоинства и недостатки. Назначение входного направляющего аппарата
2. Геометрические особенности ступеней осевого компрессора. Треугольники скоростей для ступеней осевого компрессора Факторы, влияющие на количество ступеней осевого компрессора
3. Энергетические характеристики лопастных (центробежного и осевого) компрессоров. Основные виды потерь в компрессорах
4. Алгоритм определения количества ступеней в компрессоре. Основные расчетные формулы
5. Распределение коэффициента избытка воздуха по зонам камеры сгорания ГТУ
6. Виды камер сгорания, их достоинства и недостатки
7. Уравнение теплового баланса для камеры сгорания. Факторы, влияющие на величину коэффициент избытка воздуха в камере сгорания
8. Задачи
Определить количество ступеней в осевом компрессоре с постоянным диаметром корпуса и высоту лопаток последней ступени, если известно:
 - частота вращения компрессора 50 об/с,

- массовый расход воздуха 150 кг/с,
 - потери давления во входном патрубке компрессора 0,98,
 - температура наружного воздуха 15°C, давление наружного воздуха 1,013 бар,
 - внутренний относительный КПД проточной части компрессора 84%,
 - приведенный расход воздуха первой ступени 0,82,
 - приведенный расход воздуха последней ступени 0,33,
 - термодинамический коэффициент для воздуха $\tau_{\text{тв}}$ 0,0404,
 - показатель адиабаты для воздуха 1,4,
 - коэффициент запаса по расходу 0,97,
 - степень повышения давления в компрессоре 28,
 - угол выхода потока из ВНА 75°,
 - относительный диаметр втулки на выходе из компрессора 0,84,
 - средний коэффициент затраченного напора на ступень 0,4
9. Описать алгоритм конструкторского расчета паровой турбины

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какова основная цель подачи влаги в камеру сгорания газотурбинной установки?

Ответы:

- 1) Снизить температуру рабочей среды на выходе из камеры сгорания
- 2) Снизить расход топлива, подаваемого в камеру сгорания
- 3) Температура наружного воздуха

Верный ответ: 3

2. Какой вид расчет позволяет определить основные геометрические характеристики энергетического оборудования?

Ответы:

- 1) Поверочный
- 2) Тепловой
- 3) Конструкторский

Верный ответ: 3

3. Какой вид теплообменных аппаратов наиболее целесообразен при высоких давлениях и температурах рабочих сред

Ответы:

- 1) Кожухотрубный
- 2) Пластинчатый
- 3) Змеевиковый

Верный ответ: 2

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Разрабатывает проектно-конструкторские и технологические решения с применением современных средств компьютерного моделирования

Вопросы, задания

1. Факторы, влияющие на габаритные размеры турбомашин (компрессоров и турбин)
2. Виды компрессоров и особенности их рабочего процесса
3. Основные конструктивные элементы центробежные и осевых компрессоров. Достоинства и недостатки центробежных и осевых компрессоров
4. Подходы к оптимизации степени сжатия рабочей среды в компрессоре
5. Помпаж и способы борьбы с ним
6. Классификация комплексных воздухоочистительных устройств (КВОУ). Классификация фильтров КВОУ. Особенности выбора системы фильтрации воздуха. Влияние системы очистки на работу энергоблока
7. Обледенение лопаточного аппарата и методы его предотвращения
8. Функция, требования и принцип работы камеры сгорания ГТУ

9. Определить количество ступеней в осевом компрессоре с постоянным диаметром корпуса и высоту лопаток последней ступени, если известно:

- частота вращения компрессора 50 об/с,
- массовый расход воздуха 200 кг/с,
- потери давления во входном патрубке компрессора 0,97,
- температура наружного воздуха 15°C, давление наружного воздуха 1,013 бар,
- внутренний относительный КПД проточной части компрессора 83%,
- приведенный расход воздуха первой ступени 0,81,
- приведенный расход воздуха последней ступени 0,32,
- термодинамический коэффициент для воздуха γ 0,0404,
- показатель адиабаты для воздуха 1,4,
- коэффициент запаса по расходу 0,97,
- степень повышения давления в компрессоре 28,
- угол выхода потока из ВНА 75°,
- относительный диаметр втулки на выходе из компрессора 0,87,
- средний коэффициент затраченного напора на ступень 0,4

10. Рассчитать массовый расход натурального топлива, поступающего в камеру сгорания газовой турбины, если известны следующие параметры:

- давление воздуха на выходе из компрессора ГТУ 2,95 МПа,
- температура воздуха на выходе из компрессора ГТУ 385°C,
- температура продуктов сгорания на входе в турбину 1400°C,
- коэффициент потерь давления в камере сгорания 0,97,
- низшая теплота сгорания топлива при нормальных условиях 36 МДж/м³,
- плотность топлива при нормальных условиях 0,75 кг/м³,
- КПД камеры сгорания 99,4%, массовый расход воздуха 400 кг/с,
- массовые доли компонентов продуктов сгорания (N₂ = 73%, O₂ = 8%, H₂O = 8%, CO₂ = 11%)

11. Описать алгоритм конструкторского расчета камеры сгорания

Материалы для проверки остаточных знаний

1. С какой целью на поверхностях нагрева выполняются турбулизаторы потока?

Ответы:

- 1) С целью снижения гидравлического сопротивления
- 2) С целью повышения интенсивности теплообмена
- 3) С целью упрочнения конструкции

Верный ответ: 2

2. Как влияют турбулизаторы потока на гидравлические характеристики поверхностей нагрева?

Ответы:

- 1) Повышают гидравлическое сопротивление поверхностей нагрева
- 2) Снижают гидравлическое сопротивление поверхностей нагрева
- 3) Могут как повысить, так и снизить гидравлическое сопротивление поверхностей нагрева

Верный ответ: 3

3. К чему приводит впрыск воды на входе в компрессор газотурбинной установки?

Ответы:

- 1) Снижению затрат энергии на сжатие рабочей среды
- 2) Увеличению затрат энергии на сжатие рабочей среды
- 3) Расширению регулировочного диапазона компрессора

Верный ответ: 1

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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

Для курсового проекта/работы:

2 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

Защита курсовых работ проводится в специально отведенное время в составе комиссии, состоящей минимум из двух преподавателей. Защита состоит из доклада студента по теме курсовой работы на 5-10 минут и ответов на вопросы членов комиссии. На защите студенту необходимо показать знание темы, степень овладения научным методом мышления, логическим и статистическим анализом исследуемых проблем, способностью к самостоятельному научному труду, умение четко и ясно излагать свои мысли, в том числе при ответах на вопросы членов комиссии

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: студент продемонстрировал в работе элементы научного творчества, предложил самостоятельные выводы, представил аргументированную критику и провел самостоятельный анализ фактического материала на основе глубоких знаний научно-технической литературы по теме, подготовил работу в полном соответствии с правилами оформления, дал правильные ответы на не меньше чем 90% вопросов членов комиссии

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: студент выполнил работу на достаточном теоретическом уровне, полно и всесторонне осветил вопросы темы, но не продемонстрировал должной степени творчества, столкнулся со сложностями аргументированно отстаивать свою точку зрения, оформил работу с незначительными ошибками, дал правильные ответы на не меньше чем 75% вопросов членов комиссии

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: студент в работе продемонстрировал знание теоретического материала по рассматриваемой теме, но не проявил умение логически стройно их изложения, самостоятельного анализа источников, представил отдельные ошибочные положения, дал правильные ответы на не меньше чем 50% вопросов членов комиссии

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносится оценка за курсовую работу