

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

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Термодинамика и теплопередача**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

И.В.

Меркурьев

(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. ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИД-15 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и законов превращения энергии, выполняет инженерные расчеты основных показателей термодинамических циклов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Задачи стационарной теплопроводности (Домашнее задание)
2. Определение параметров водяного пара. Расчет цикла паротурбинной установки (Домашнее задание)
3. Расчет теплообменного аппарата (Домашнее задание)
4. Расчет термодинамического цикла (Домашнее задание)

БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Основные законы термодинамики. Термодинамические процессы и циклы идеальных газов					
Основные законы термодинамики	+				
Термодинамические процессы и циклы идеальных газов	+	+			
Реальные газы. Циклы паросиловых установок					
Реальные газы. Водяной пар			+		
Циклы паросиловых установок			+		
Основные понятия тепломассообмена. Теплопроводность					
Основные понятия тепломассообмена. Теплопроводность			+	+	
Конвективный теплообмен. Теплообменные аппараты					

Конвективный теплообмен			+	+
Теплообменные аппараты			+	+
Вес КМ:	20	20	30	30

\$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
ОПК-1	ИД-15 _{ОПК-1} Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и законов превращения энергии, выполняет инженерные расчеты основных показателей термодинамических циклов	Знать: терминологию теплообмена: определения процессов передачи теплоты и массы, физический смысл и размерности основных величин, используемых в теплообмене методы расчета термических и калорических свойств рабочих веществ и термодинамических процессов в элементах теплотехнических и теплоэнергетических установок и устройств, а также схем теплоэнергетических и теплотехнологических установок и систем основы термодинамики, законы сохранения и превращения энергии	Расчет термодинамического цикла (Домашнее задание) Определение параметров водяного пара. Расчет цикла паротурбинной установки (Домашнее задание) Задачи стационарной теплопроводности (Домашнее задание) Расчет теплообменного аппарата (Домашнее задание)

		<p>применительно к термодинамическим системам законы и основные физико-математические модели процессов переноса теплоты и массы применительно к процессам передачи и трансформации теплоты</p> <p>Уметь:</p> <p>рассчитывать температурные поля и тепловые потоки в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок</p> <p>проводить инженерные расчеты термодинамических процессов перехода энергии в форме тепла в форму работы и обратно, протекающих в природе, технологических процессах, тепловых станциях и их теплотехнологических устройствах</p> <p>рассчитывать и находить термические и калорические свойства</p>	
--	--	---	--

		рабочих веществ	
--	--	-----------------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Расчет термодинамического цикла

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам выдается типовое задание с индивидуальными исходными данными. Задание выполняется вне аудиторных занятий. На выполнение задания выделяется одна неделя. Задание сдается либо в рукописном либо печатном виде.

Краткое содержание задания:

Провести расчет термодинамического цикла. Рабочее тело - воздух. Определить термодинамические параметры рабочего тела в основных точках цикла. Найти удельную работу расширения, удельную располагаемую работу, изменение удельной внутренней энергии, удельной энтальпии, удельной энтропии для каждого процесса и для цикла в целом

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основы термодинамики, законы сохранения и превращения энергии применительно к термодинамическим системам	1. что такое работа расширения 2. что такое располагаемая работа 3. дайте определение термического КПД 4. Запись первого закона термодинамики для цикла
Уметь: проводить инженерные расчеты термодинамических процессов перехода энергии в форме тепла в форму работы и обратно, протекающих в природе, технологических процессах, тепловых станциях и их теплотехнологических устройствах	1. Провести расчет термодинамического цикла. Рабочее тело - воздух. Определить термодинамические параметры рабочего тела в основных точках цикла. Найти удельную работу расширения, удельную располагаемую работу, изменение удельной внутренней энергии, удельной энтальпии, удельной энтропии для каждого процесса и для цикла в целом

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

КМ-2. Определение параметров водяного пара. Расчет цикла паротурбинной установки

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам выдается типовое задание с индивидуальными исходными данными. Задание выполняется вне аудиторных занятий. На выполнение задания выделяется одна неделя. Задание сдается либо в рукописном либо печатном виде.

Краткое содержание задания:

1. Определите температуру, энтальпию, внутреннюю энергию и энтропию водяного пара при давлении 5 бар и температуре $200+10N$ °С с помощью $h-s$ -диаграммы. N - номер варианта
2. Определите температуру, энтальпию, внутреннюю энергию и энтропию водяного пара при давлении 10 бар и удельной объеме $0,12+0,1N$ м³/кг с помощью таблиц воды и водяного пара. N - номер варианта
3. Выполнить расчет обратимого цикла Ренкина для двух вариантов, считая в первом случае поступающий в турбину пар сухим насыщенным при давлении p_1 , а во втором случае – перегретым с давлением p_1 и температурой t_1 . Давление отработанного пара p_2 для обоих вариантов одинаковое. Расчетом определить количество теплоты, подведенной в цикле q_1 , работу цикла $l_{ц}$, термический КПД η_t , потери теплоты в конденсаторе турбины q_2 и удельный расход пара на выработку 1 кВт·ч электроэнергии d . Определить также степень сухости отработанного пара x_2 в каждом варианте.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета термических и калорических свойств рабочих веществ и термодинамических процессов в элементах теплотехнических и теплоэнергетических установок и устройств, а также схем теплоэнергетических и теплотехнологических установок и систем	1. От каких параметров зависит внутренняя энергия водяного пара? 2. Что такое массовое паросодержание? 3. Формула для определения теплоты парообразования
Уметь: рассчитывать и находить термические и калорические свойства рабочих веществ	1. Как определяется располагаемый теплоперепад с помощью $h-s$ - диаграммы? 2. Как определить состояние воды с помощью $h-s$ - диаграммы? 3. Как можно показать процесс дросселирования в $h-s$ - диаграмме?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

КМ-3. Задачи стационарной теплопроводности

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам выдается типовое задание с индивидуальными исходными данными. Задание выполняется вне аудиторных занятий. На выполнение задания выделяется одна неделя. Задание сдается либо в рукописном либо печатном виде.

Краткое содержание задания:

Расчетное задание состоит из двух задач. Например:

1. Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной 250 мм и слоя строительного войлока. Температура на внешней поверхности кирпичного слоя 110 °С и на поверхности войлочного слоя 25°С. Коэффициенты теплопроводности материалов, соответственно, 0,7 Вт/(м·°С) и 0,0465 Вт/(м·°С). Вычислить температуру в плоскости соприкосновения слоев и толщину войлочного слоя при условии, что тепловые потери через 1 м² стенки камеры не превышают 110 Вт/м²
2. По стальному (коэффициент теплопроводности 40 Вт/(м·К)) неизолированному трубопроводу диаметром 76/63 мм течет хладагент, температура которого -20°С. Температура воздуха в помещении, где проходит трубопровод, 20°С. Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха 10 Вт/(м²·К), со стороны хладагента 1000 Вт/(м²·К). На сколько снизится потеря холода, если трубопровод покрыть слоем изоляции (коэффициент теплопроводности 0,05 Вт/(м·К)) толщиной 50 мм? Прочие условия считать неизменными

Контрольные вопросы/задания:

Знать: законы и основные физико-математические модели процессов переноса теплоты и массы применительно к процессам передачи и трансформации теплоты	1.Что такое теплопроводность? 2.Что такое изотермическая поверхность? 3.Какой процесс описывает закон Фурье?
Уметь: рассчитывать температурные поля и тепловые потоки в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок	1.По стальному (коэффициент теплопроводности 40 Вт/(м·К)) неизолированному трубопроводу диаметром 76/63 мм течет хладагент, температура которого -20°С. Температура воздуха в помещении, где проходит трубопровод, 20°С. Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха 10 Вт/(м ² ·К), со стороны хладагента 1000 Вт/(м ² ·К). На сколько снизится потеря холода, если трубопровод покрыть слоем изоляции (коэффициент теплопроводности 0,05 Вт/(м·К)) толщиной 50 мм? Прочие условия считать неизменными

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

КМ-4. Расчет теплообменного аппарата

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Расчет теплообменного аппарата

Краткое содержание задания:

провести тепловой расчет змеевикового экономайзера, предназначенного для подогрева воды в количестве G_v , кг/с от температуры на входе t_{v1} , °С до температуры на выходе t_{v2} = °С. Массовый расход дымовых газов G_g , кг/с. Температура газов перед экономайзером t_{g1} , °С. Вода движется внутри труб со скоростью w_v , м/с. Газы движутся поперечным потоком снаружи труб. Скорость в узком сечении трубного пучка при средней температуре газа w_g , м/с. Поверхность нагрева экономайзера состоит из стальных труб диаметром d_2/d_1 , мм, расположенных в шахматном порядке с относительным поперечным шагом S_1/d_2 , и относительным продольным шагом S_2/d_2

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: терминологию теплообмена: определения процессов передачи теплоты и массы, физический смысл и размерности основных величин, используемых в теплообмене</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Каким способом передается теплота от греющего теплоносителя к стенке 2.Каким образом определяется температурный напор при противотоке 3.Запишите уравнение теплового баланса для теплообменника
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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*

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

ФГБОУ «Национальный исследовательский университет «МЭИ» Кафедра Теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича Направление 15.03.03 – Прикладная механика Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2	Утверждаю Зав. каф. ТОТ «11» января 2021 г.
1. Формулировки и аналитические выражения Второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов.	
2. Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба), находящихся в неограниченном объёме жидкости.	
Цилиндрический корпус теплообменного аппарата имеет внешний диаметр 300 мм. Температуры на внутренней и внешней поверхностях изоляции аппарата соответственно равны 280 °С и 30 °С. Тепловые потери с одного погонного метра не должны превышать 200 Вт/м. Коэффициент теплопроводности изоляции определяется уравнением $\lambda=0,05+0,000125 \cdot t$ Вт/м К. Какой толщины должна быть изоляция при заданных условиях?	

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-15_{ОПК-1} Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и законов превращения энергии, выполняет инженерные расчеты основных показателей термодинамических циклов

Вопросы, задания

1. Формулировки и аналитические выражения Первого закона термодинамики для неподвижных систем. Уравнения теплового (энергетического) баланса.
2. Формулировки и аналитические выражения Второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов
3. Расчет процессов водяного пара. Таблицы воды и водяного пара. h-s-диаграмма водяного пара
4. Удельная работа, термический, внутренний КПД термодинамических циклов
5. Фазовые переходы, фазовое равновесие. Фазовые p-T, p-v и T-s- диаграммы
6. Цикл Ренкина, удельная работа цикла, термический КПД, анализ цикла
7. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы: число Рейнольдса, число Грасгофа, число Релея, число Нуссельта
8. Среднелогарифмический температурный напор. Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Укажите правильную форму записи Первого закона термодинамики

Ответы:

1. $du = dq + dl$
2. $dq = du + dl$
3. $dl = dq + du$
4. $dq < Tds$
5. $dq = Tds$
6. $dq > Tds$

Верный ответ: 2. $dq = du + dl$

2. Какую из указанных величин необходимо подставить вместо X в уравнении $dq = XdT - vdp$,

если уравнение записано для идеального газа?

Ответы:

1. R
2. k
3. c_v
4. c_p
5. c_p / c_v

Верный ответ: 3. c_v

3. При расширении 10 кг газа совершается работа, равная 30 кДж. При этом к газу извне подводится 10 кДж теплоты. Определите, как изменится удельная внутренняя энергия в этом процессе?

Ответы:

1. 20 кДж;
2. -20 кДж;
3. 2 кДж/кг;
4. -2 кДж;
5. -2 кДж/кг;
6. не изменится

Верный ответ: 6. не изменится

4. Какое соотношение является выражением Второго закона термодинамики для необратимых процессов?

Ответы:

1. $du = dq + dl$
2. $dq = du + dl$
3. $dl = dq + du$
4. $dq < Tds$
5. $dq = Tds$
6. $dq > Tds$

Верный ответ: 4. $dq < Tds$

5. Как называется точка на линии насыщения, в которой исчезает различие между жидкой и газовой фазами?

Ответы:

1. тройная точка;
2. точка сублимации;
3. точка инверсии;
4. критическая точка;
5. точка росы

Верный ответ: 4. критическая точка

6. Из каких процессов состоит цикл паротурбинной установки (цикл Ренкина)?

Ответы:

1. изотерма, адиабата, изотерма, изохора
2. адиабата, изобара, адиабата, изобара
3. изохора, адиабата, изобара, адиабата
4. адиабата, изотерма, политропа, изохора
5. изотерма, адиабата, изотерма, адиабата

Верный ответ: 2. адиабата, изобара, адиабата, изобара

7. В каком соотношении находятся термические КПД цикла Ренкина (η_r) и цикла Карно (η_k)?

Ответы:

1. $\eta_r > \eta_k$
2. $\eta_r \geq \eta_k$
3. $\eta_r = \eta_k$
4. $\eta_r \leq \eta_k$
5. $\eta_r < \eta_k$

Верный ответ: 5. $\eta_r < \eta_k$

8. По какому из приведенных уравнений можно рассчитать тепловой поток через цилиндрическую стенку?

Ответы:

$$1. Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1^1 - t_2^2)$$

$$2. Q = \frac{2\pi\lambda L(t_1^1 - t_2^2)}{\ln \frac{d_2^2}{d_1^1}}$$

$$3. Q = \frac{\delta}{\lambda} (t_1^1 - t_2^2)$$

Верный ответ: 2.

9. Укажите правильное выражение для линейного коэффициента теплопередачи через цилиндрическую стенку

Ответы:

$$1. k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$2. k = \frac{1}{\frac{d_2^2}{\alpha_1 d_1^1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_1^1 d_2^2}{d_2^1 d_1^2} + \frac{1}{\alpha_2 d_2^2}}$$

$$3. k = \frac{2\pi\lambda(t_1^1 - t_2^2)}{\ln \frac{d_2^2}{d_1^1}}$$

Верный ответ: 2

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безусловно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины

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 аттестационной составляющих.