

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

**Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Теплофизика**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Термодинамика**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

(подпись)


Д.Н.  
Герасимов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc


(подпись)

Г.Г. Яньков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

(подпись)

Д.Н.  
Герасимов

(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-3 Способен проводить расчеты теплофизических характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования

ИД-2 Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании

ИД-3 Демонстрирует знание типов современного энергетического оборудования и понимание принципов его работы

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. «Дифференциальные уравнения термодинамики» (Контрольная работа)
2. «Комплексные задачи термодинамики» (Контрольная работа)
3. «Определение параметров циклов тепловых и холодильных машин» (Расчетно-графическая работа)
4. «Основные термодинамические соотношения» (Контрольная работа)
5. «Построение h-s-диаграммы и анализ цикла Ренкина» (Расчетно-графическая работа)
6. «Термодинамические процессы» (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. «Измерение скорости звука в газе и определение показателя адиабаты» (Лабораторная работа)
2. «Определение удельной теплоты плавления металла» (Лабораторная работа)
3. «Получение полуэмпирического уравнения состояния реального газа» (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	5	9	13	15	15
Термодинамические законы						
Термодинамические законы		+				
Термодинамические потенциалы						

Термодинамические потенциалы		+			
Термодинамические процессы					
Термодинамические процессы			+	+	+
Термодинамические системы					
Термодинамические системы				+	
Вес КМ:	22	23	22	23	10

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	14	14	14	14
Основы физико-технического описания тепловых машин					
Основы физико-технического описания тепловых машин			+		
Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин					
Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин		+		+	
Циклы силовых машин и холодильных установок					
Циклы силовых машин и холодильных установок					+
Вес КМ:	25	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-3	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Владеет навыками теплофизических рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании	Знать: основные термодинамические законы математический аппарат термодинамики уравнения, связывающие свойства веществ в различных агрегатных состояниях основы физики фазовых превращений Уметь: проводить теплофизический эксперимент с регистрацией P, V, T зависимости определять теплофизические свойства веществ расчетно-экспериментальными методами	«Основные термодинамические соотношения» (Контрольная работа) «Дифференциальные уравнения термодинамики» (Контрольная работа) «Комплексные задачи термодинамики» (Контрольная работа) «Измерение скорости звука в газе и определение показателя адиабаты» (Лабораторная работа) «Получение полуэмпирического уравнения состояния реального газа» (Лабораторная работа) «Определение удельной теплоты плавления металла» (Лабораторная работа)
ПК-3	ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание типов	Знать: основные типы тепловых	«Термодинамические процессы» (Контрольная работа) «Определение параметров циклов тепловых и холодильных машин»

	<p>современного энергетического оборудования и понимание принципов его работы</p>	<p>машин и холодильных установок и методы анализа их работы основные термодинамические процессы в тепловых машинах Уметь: рассчитывать параметры тепловых машин и холодильных установок</p>	<p>(Расчетно-графическая работа) «Построение h-s-диаграммы и анализ цикла Ренкина» (Расчетно-графическая работа)</p>
--	---	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

5 семестр

### КМ-1. «Основные термодинамические соотношения»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 22

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа.

**Краткое содержание задания:**

Применить знания основных законов термодинамики в конкретных ситуациях.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные термодинамические законы	1.Использовать термодинамическое соотношение, связывающее параметры в заданном термодинамическом процессе. 2.Идентифицировать процесс, происходящий в заданной термодинамической системе.
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание решено полностью, получены правильные числовые значения.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* В решении имеются незначительные огрехи; получено неверное, однако не абсурдное числовое значение параметров.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Решение, в принципе, верное, однако реализовано с ошибками в промежуточных стадиях. Получены числовые значения, не выдерживающие логической проверки.

### КМ-2. «Дифференциальные уравнения термодинамики»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 23

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение задач на контрольной работе.

**Краткое содержание задания:**

Установить связь между термодинамическими параметрами

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: математический аппарат	1.Найти зависимость изохорной теплоемкости от
-------------------------------	---

термодинамики	объема при постоянной температуре. 2.Найти зависимость изобарной теплоемкости от давления при постоянной температуре.
---------------	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Твердое понимание.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Знания и нетвердое понимание.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Частичное знание и нетвердое понимание.*

**КМ-3. «Термодинамические процессы»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 22

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение задач на контрольной работе.

**Краткое содержание задания:**

Анализ термодинамических процессов.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные термодинамические процессы в тепловых машинах	1.Объяснить, может ли игрушка “Птичка Хоттабыча” работать на воде.
---	--

**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: 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: 60*

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

**КМ-4. «Комплексные задачи термодинамики»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 23



**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение задач на контрольной работе.

**Краткое содержание задания:**

Анализ сложных процессов, включая фазовые переходы.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: уравнения, связывающие свойства веществ в различных агрегатных состояниях	1. Параметры $p=p_c/2$ , $T=T_c/2$ . Газ Ван-дер-Ваальса. Охлаждение или нагрев произойдет при дросселировании?
--	---

**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: 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: 60*

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

#### **КМ-5. «Определение параметров циклов тепловых и холодильных машин»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Домашнее решение расчетного задания.

**Краткое содержание задания:**

Рассчитать недостающие параметры заданного цикла.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные термодинамические процессы в тепловых машинах	1. Найти параметры в промежуточных точках цикла. 2. Найти работу, теплоту, КПД.
---	--

**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

## 6 семестр

### КМ-6. «Измерение скорости звука в газе и определение показателя адиабаты»

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проведение и защита лабораторной работы.

**Краткое содержание задания:**

Провести эксперимент и защитить полученные результаты.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: определять теплофизические свойства веществ расчетно-экспериментальными методами	1.Метод Кундта.
---	-----------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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-7. «Получение полуэмпирического уравнения состояния реального газа»

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение лабораторной работы и защита полученных результатов.

**Краткое содержание задания:**

Установить параметры уравнения состояния реального газа.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: проводить теплофизический эксперимент с регистрацией $P$ , $V$ , $T$ зависимости	1.Зависимость второго вириального коэффициента от температуры.
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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-8. «Определение удельной теплоты плавления металла»

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение ЛР и ее защита.

**Краткое содержание задания:**

Экспериментально определить удельную теплоту плавления цинка.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основы физики фазовых превращений	1.Понятие об удельной теплоте фазового перехода.
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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-9. «Построение h-s-диаграммы и анализ цикла Ренкина»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** РГР

**Краткое содержание задания:**

По данным NIST построить h-s диаграмму фреона; описать цикл Ренкина, работающий на данном веществе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные типы тепловых машин и холодильных установок и методы анализа их работы	1.Что такое цикл Ренкина.
Уметь: рассчитывать параметры тепловых машин и холодильных установок	1.Построение изолиний в h-s диаграмме.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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

Процедура проведения

Письменный экзамен.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-3 Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании

### Вопросы, задания

**1. Термодинамические потенциалы:** энергия Гельмгольца, энергия Гиббса, уравнение Гиббса–Гельмгольца. Уравнения Максвелла. Системы с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал, уравнение Гиббса–Дюгема. Химический потенциал. **Общие условия равновесия и устойчивости термодинамических систем.** Необходимые условия устойчивости термодинамической системы. Принцип Ле Шателье – Брауна. Условия химического равновесия. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. **Термодинамические процессы:** изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный, политропный. Адиабатное расширение в вакуум. Адиабатное дросселирование, коэффициент дросселирования, кривая инверсии. **Фазовые переходы.** Поверхностные явления, поверхностное натяжение, лапласовский скачок давления. Критический радиус зародыша новой фазы. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса, уравнение Пойнтинга, общее уравнение вдоль кривой фазового равновесия. Диаграмма состояния вещества, бинадаль, спинодаль, критическая точка, тройная точка, двухфазная область. **Термодинамические циклы,** КПД цикла. Циклы Отто, Дизеля, Ренкина. **Термодинамические системы:** идеальный газ, реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса, вириальное уравнение состояния. Точка Бойля. Химически реагирующий газ, закон Гесса, закон действующих масс, константа равновесия. Термодинамика теплового излучения. Термодинамика плазмы, уравнение Саха.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Условия существования интегрирующего множителя в сложной системе:

Ответы:

определяются условиями Фробениуса  
выполнены всегда

Верный ответ: определяются условиями Фробениуса

2. Условия термодинамической устойчивости:

Ответы:

$C_v > 0$  и  $(dp/dv)_t > 0$

$C_v > 0$  и  $(dp/dv)_t < 0$

$C_v < 0$  и  $(dp/dv)_t < 0$

Верный ответ:  $C_v > 0$  и  $(dp/dv)_t < 0$

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*  
*Описание характеристики выполнения знания: Знание и понимание.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*  
*Описание характеристики выполнения знания: Знание и нетвердое понимание.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*  
*Описание характеристики выполнения знания: Нетвердое знание и нетвердое понимание.*

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

По итоговой оценки в БАРС за 2й семестр.

**6 семестр**

**Форма промежуточной аттестации: Экзамен**

#### **Процедура проведения**

Письменный экзамен.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-ЗПК-3 Демонстрирует знание типов современного энергетического оборудования и понимание принципов его работы

#### **Вопросы, задания**

- 1.1. Звук, скорость звука. Ускорение потока в соплах, переход через скорость звука. Сопло Лаваля.
2. Влажный воздух, h-d-диаграмма влажного воздуха.
3. H-s-диаграмма.
4. Теплосиловые циклы, КПД. Теорема Карно. Циклы с регенерацией тепла. Учет потерь. Эксергия.
5. Цикл Ренкина. Работа отдельных элементов, КПД. Перегрев пара. Цикл Ренкина на органических теплоносителях.
6. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (Отто, Дизель).
7. Двигатель Стирлинга: принцип действия, p-v-диаграмма.
8. Циклы газотурбинных установок (с различными процессами сжатия в компрессоре, с регенерацией и без).
9. Циклы реактивных двигателей: воздушно-реактивные двигатели (со сжатием в компрессоре и без), ракетные двигатели.
10. Обратимый цикл Карно. Обратный обратимый цикл Карно.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Перенос звука есть:

Ответы:

адиабатный процесс

изотермический процесс

Верный ответ: адиабатный процесс

2. Дозвуковой поток ускоряется:

Ответы:

в расширяющемся канале  
при подводе тепла  
в суживающемся канале  
при отводе тепла

Верный ответ: при подводе тепла в суживающемся канале

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Знание и твердое понимание.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Знание и нетвердое понимание.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Нетвердое знание и нетвердое понимание.*

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

Итоговая оценка в БАРС за 2й семестр.