

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Энергетика теплотехнологии**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Компьютерные технологии в расчетах теплотехнологических процессов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

А.В.  
Бурмакина

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

В.О. Киндра

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B	

(подпись)

А.Н. Рогалев

(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-2 способен участвовать в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению топливопотребляющих установок промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению топливопотребляющих установок промышленных и коммунальных предприятий

2. ПК-5 способен участвовать в организации технического и материального обеспечения эксплуатации топливопотребляющих установок промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Участвует в организации технического и материального обеспечения эксплуатации топливопотребляющих установок промышленных и коммунальных предприятий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Определение оптимальной толщины обмуровки (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

1. Определение расхода топлива на теплотехнических процессах (Решение задач)

2. Основные типы и средства моделирования (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Совместные решения балансовых уравнений (Проверочная работа)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	11	14
Основы моделирования и его виды					
Виды моделирования	+				
Использования математической модели в теплотехнологических процессах	+				
Цели математического моделирования	+				
Различные средства для инженерных расчетов					

Основы работы в среде MathCad		+	+	
Решение уравнений в различных средах				+
Решение теплотехнологических задач в различных теплотехнических средах		+	+	
Графические возможности различных программ		+	+	
Статистические функции в программах		+	+	
Материальные и тепловые балансы теплотехнологических процессов				
Материальные балансы теплотехнологических процессов				+
Тепловые балансы теплотехнологических процессов				+
Вес КМ:	15	25	25	35

\$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-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению топливопотребляющих установок промышленных и коммунальных предприятий	Знать: основы языков программирования Уметь: применять компьютерные средства вычисления и моделирования при решении инженерных задач	Основные типы и средства моделирования (Тестирование) Совместные решения балансовых уравнений (Проверочная работа)
ПК-5	ИД-1 <sub>ПК-5</sub> Участвует в организации технического и материального обеспечения эксплуатации топливопотребляющих установок промышленных и коммунальных предприятий	Знать: основы математического анализа и численные методы решения математических задач Уметь: составлять сложные энергетические и материальные балансы	Определение оптимальной толщины обмуровки (Решение задач) Определение расхода топлива на теплотехнических процессах (Решение задач) Совместные решения балансовых уравнений (Проверочная работа)

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

### КМ-1. Основные типы и средства моделирования

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с выполнением контрольного теста по изученной теме. Студентам выдается задание по вариантам. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается 30 минут. После окончания отведенного времени работы сдаются на проверку

**Краткое содержание задания:**

Необходимо выбрать один из нескольких вариантов ответа

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основы языков программирования	<p>1. Модель – это:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Объект, который используется для воспроизведения и изучения существенных свойств процесса или явления</li><li>2. Объект, который применяется для воспроизведения свойств процесса</li><li>3. Объект, который показывает основные свойства процесса и явления</li></ol> <p>Ответ: 1</p> <p>2. Вставьте пропущенное слово "... в Mathcad называют восстановление функции по известным ее значениям или значениям ее производных в отдельных точках. Задача ... экспериментальных данных сводить к тому, чтобы предсказать в промежуточных точках значение функции, заданной таблично”:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. программирование</li><li>2. интерполяция</li><li>3. функция sin/cos</li></ol> <p>Ответ: 2</p> <p>3. Входит ли кислород в состав топлива?</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. входит</li><li>2. не входит</li></ol> <p>Ответ: 1</p> <p>4. Выберите правильное определение понятия “теплотехнология”:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. - это метод преобразования исходных материалов в заданный продукт</li><li>2. - это процесс сжигания твердого топлива с последующим его использованием</li><li>3. - это совокупность методов преобразования исходных материалов в заданный продукт на основе изменения теплового состояния их вещества</li></ol> <p>Ответ: 3</p>
---------------------------------------	--

	<p>5. Выберите правильный ответ. Геометрическая модель - это:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. это описание объекта на визуально-образном геометрическом языке, множества точек, выделенных из геометрического пространства и подчиненных определенным условиям</li> <li>2. это описание объекта на языке программирования, выделяющего множество точек и подчиненных определенным условиям</li> <li>3. это объект, состоящий из множества точек, выделенных из геометрического пространства</li> </ol> <p>Ответ: 1</p> <p>6. Вставьте пропущенное слово "... - служит для вставки основных математических операций, получила свое название из-за схожести набора кнопок с кнопками типичного калькулятора":</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. матрица</li> <li>2. график</li> <li>3. калькулятор</li> </ol> <p>Ответ: 3</p>
--	---

**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*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

**КМ-2. Определение оптимальной толщины обмуровки**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдается задание, которое необходимо выполнить в среде MachCad. Время на выполнение - 40 минут. После отведенного времени, работы показываются преподавателю для определения на сколько правильно выполнил задание студент. Либо работы сохраняются и отправляются на почту МЭИ преподавателю на проверку

**Краткое содержание задания:**

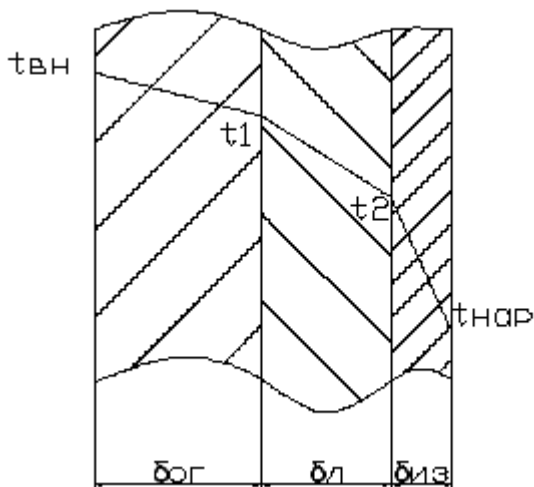
Провести расчет теплопотерь через обмуровку печи

**Контрольные вопросы/задания:**

**Знать:**  
**основы**  
**математичес**  
**кого анализа**  
**и численные**  
**методы**  
**решения**  
**математичес**  
**ких задач**

**Расчет теплопотерь через обмуровку печи.**

1. **Задача:** Для заданной обмуровки печи рассчитать тепловой поток в окружающую среду, распределение температур по толщине обмуровки. В случае, если температура  $t_2$  превышает максимальную рабочую температуру изоляции или наружная температура стенки превышает  $60\text{ }^\circ\text{C}$ , подобрать толщины слоев, для устранения этого.



**Исходные данные:**

Температура окружающей среды:  $t_{ос} := 30$

Внутренняя температура стенки:  $t_{вн} := 1500$

Толщины и материалы слоев обмуровки:

Огнеупорный слой - Шамот марки ША: максимальная рабочая температура - $1800\text{ }^\circ\text{C}$	$\delta_{ог} := 0.2$	$\lambda_{о}$
Легковесный слой - Шамотный легковес марки ШЛ-0.9: максимальная рабочая температура - $1680$	$\delta_{л} := 0.15$	$\lambda_{л}$
Изоляционный слой - Перлит: максимальная рабочая температура - $900$	$\delta_{из} := 0.1$	$\lambda_{и}$

**Начальные приближения для решения системы уравнений:**

Тепловой поток:	$q_{ос} := 1000$
Коэффициент теплоотдачи с наружной стенки в окружающую среду:	$\alpha_{ос} := 20$
Наружная температура стенки:	$t_{н} := 50$
Температура между огнеупором и легковесом:	$t_1 := 700$
Температура между легковесом и изоляцией:	$t_2 := 200$

**Решение:**



	<p>Given</p> $\alpha_{oc} = 9.5 + 98.15 \cdot 10^{-3} \cdot (t_H - 30) - 4.74 \cdot 10^{-4} \cdot (t_H - 30)^2 + 1.74 \cdot 10^{-6} \cdot (t_H - 30)^3$ $q_{oc} = \alpha_{oc} \cdot (t_H - t_{oc})$ <hr/> $q_{oc} = \frac{\lambda_{ог} \left( \frac{t_{вн} + t_1}{2} \right)}{\delta_1} \cdot (t_{вн} - t_1) \quad q_{oc} = \frac{\lambda_{л} \left( \frac{t_1 + t_2}{2} \right)}{\delta_2} \cdot (t_1 - t_2)$ $q_{oc} = \frac{t_{вн} - t_{oc}}{\frac{1}{\alpha_{oc}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{ог} \left( \frac{t_{вн} + t_1}{2} \right)} + \frac{\delta_2}{\lambda_{л} \left( \frac{t_1 + t_2}{2} \right)} + \frac{\delta_3}{\lambda_{из} \left( \frac{t_2 + t_H}{2} \right)}}$ <p>Решение(<math>\delta_1, \delta_2, \delta_3</math>) := Find(<math>\alpha_{oc}, q_{oc}, t_H, t_1, t_2</math>)</p> <p>Ответ:</p> $\text{Решение}(\delta_{ог}, \delta_{л}, \delta_{из}) = \begin{pmatrix} 15.563 \\ 1344.285 \\ 116.378 \\ 1338.342 \\ 978.879 \end{pmatrix}$ $\text{Решение}(\delta_{ог}, 0.9, 0.32) = \begin{pmatrix} 12.064 \\ 361.829 \\ 59.992 \\ 1457.373 \\ 879.174 \end{pmatrix}$
--	---

**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*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

**КМ-3. Определение расхода топлива на теплотехнических процессах**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с выполнением контрольного теста по изученной теме. Студентам выдается задание. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается 40 минут. После окончания отведенного

времени, студенты показывают алгоритм решения задачи в среде MachCad с конечными результатами, либо отправляют свою работу на почту преподавателю для проверки

### Краткое содержание задания:

Решить задачу в среде MachCad, с выводением правильного ответа на экран

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основы математического анализа и численные методы решения математических задач

1. Промышленному предприятию требуется, чтобы октановое число топлива было не ниже 76, при этом содержание серы составляло не более 0,5%. Для изготовления конечного топлива, потребуется смесь из четырех компонентов.

Необходимо определить, сколько каждого компонента следует использовать для получения 1000 т топлива при этом, чтобы его себестоимость была минимальной.

Состав топлива	Компоненты топлива			
	1	2	3	4
Октановое число	60	70	85	92
Содержание серы, %	0,3	0,35	0,25	0,2
Количество, т	400	500	150	300
Себестоимость, руб./т	40	50	70	95

Определить какое количество необходимо каждого компонента для получения 1000 т конечного топлива для промышленного предприятия, чтобы его себестоимость была минимальной.

Решение:

1) В качестве переменных  $x_1, x_2, x_3, x_4$  следует взять компоненты бензина, где

$x_1$  - кол-во компонента №1  
 $x_2$  - кол-во компонента №2  
 $x_3$  - кол-во компонента №3  
 $x_4$  - кол-во компонента №4

Получаем, что итоговый состав смеси:  $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$

2) Целевая функция:

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = 40 \cdot x_1 + 50 \cdot x_2 + 70 \cdot x_3 + 95 \cdot x_4$$

3) Начальные приближения и условие получения заданного кол-ва бензина. Ограничения по октановому числу бензина, по содержанию серы, по числу компонентов :

$$x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad x_3 \geq 0 \quad x_4 \geq 0$$

Given

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1000$$

$$60 \cdot x_1 + 70 \cdot x_2 + 85 \cdot x_3 + 92 \cdot x_4 \geq 76 \cdot 1000$$

$$0.3 \cdot x_1 + 0.35 \cdot x_2 + 0.25 \cdot x_3 + 0.2 \cdot x_4 \leq 0.5 \cdot 1000$$

$$0 \leq x_1 \leq 400$$

$$0 \leq x_3 \leq 150$$

$$0 \leq x_2 \leq 500$$

$$0 \leq x_4 \leq 300$$

Ответ:

$$\begin{pmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ \bar{x}_3 \\ \bar{x}_4 \end{pmatrix} := \text{Minimize}(f, x_1, x_2, x_3, x_4) \quad \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 123.438 \\ 500 \\ 150 \\ 226.563 \end{pmatrix} \text{ т Состав смеси}$$

Минимальная себестоимость:  $f(x_1, x_2, x_3, x_4) = 6.196 \times 10^4$  руб/т

### 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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

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

#### КМ-4. Совместные решения балансовых уравнений

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается задание, на которое отводится 30 минут. По окончании положенного времени, студент сдает задание в письменной форме (возможно выполнение в среде MathCad) с последующими уточняющими вопросами в письменной форме

**Краткое содержание задания:**

Найти ответ на поставленный вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: применять компьютерные средства вычисления и моделирования при решении инженерных задач</p>	<p>1) Используя кнопку выделения столбцов, выделите 1 и 3 столбцы</p> $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 6 & 7 & 8 \\ 9 & 11 & 13 \end{pmatrix}$ <p>1. 2) Вычислите максимальный и минимальный элемент матрицы.</p> <p>Вычислите в MathCAD функцию <math>= 4x^2 + 5x + 8</math> для <math>x</math> от 1 до 5 с шагом 1.</p> <p>2. Отношение чего определяет данное выражение по методике Равича</p> $C' = \frac{C_{0-t_{п.г.}}}{C_{0-t_{max.}}}$ <p>3.</p>
<p>Уметь: составлять сложные энергетические и материальные балансы</p>	<p>1. Создать функцию <math>e^{7.2 \cdot xy} + \cos(x^2 + y)</math> и вычислить ее значение в двух заданных точках (0.15, 1.01), (1.3, 1.81).</p> <p>2. Какие потери определяются следующим выражением по методике Равича <math>q = 0.01(t_{yx} - t_B) \times Z</math></p>

**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

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Билет №1

1. Виды математического моделирования
2. Определение и ввод матриц и векторов в рабочее поле MathCad

### Процедура проведения

Студент выбирает билет. На подготовку отводится 45 минут. Ответы на вопросы могут, как в устной, так и в письменной форме

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению топливопотребляющих установок промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

1. Цели, преследуемые при использовании математического моделирования
2. Основные этапы математического моделирования
3. Общий вид теплового баланса. Статьи теплового баланса

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. На каком этапе жизненного цикла создания ИС проводится анализ предметной области?

Ответы:

1. Проектирование
2. Ввод в эксплуатацию
3. Предпроектное обследование
4. Сопровождение

Верный ответ: 3

2. Что такое URL?

Ответы:

1. Информация, размещенная на веб-страницах
2. Уникальный адрес страницы в сети Интернет
3. Название языка, на котором создаются Web-страницы
4. Прикладной протокол

Верный ответ: 2

3. Что такое http?

Ответы:

1. Протокол
2. Web-страница
3. Сетевой адрес ресурса
4. Контент

Верный ответ: 1

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-5 Участвует в организации технического и материального обеспечения эксплуатации топливопотребляющих установок промышленных и коммунальных предприятий

### **Вопросы, задания**

1. Как производится расчет тепловых схем ТТУ в среде MathCad
2. Моделирование и его виды
3. Преимущества и недостатки использования математической модели в теплотехнологических процессах

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

1. Выберите правильный ответ. Геометрическая модель - это:

Ответы:

1. это описание объекта на визуально-образном геометрическом языке, множества точек, выделенных из геометрического пространства и подчиненных определенным условиям
2. это описание объекта на языке программирования, выделяющего множество точек и подчиненных определенным условиям
3. это объект, состоящий из множества точек, выделенных из геометрического пространства

Верный ответ: 1

2. Вставьте пропущенное слово "... - служит для вставки основных математических операций, получила свое название из-за схожести набора кнопок с кнопками типичного калькулятора":

Ответы:

1. матрица
2. график
3. калькулятор

Верный ответ: 3

3. Технологии проектирования – это совокупность ...

Ответы:

1. пошаговых процедур, определяющих последовательность технологических операций проектирования
2. критериев и правил, на основании которых определяется техническое задание
3. графических и текстовых средств, определяющих последовательность разработки плана реализации
4. таблиц, используемых для оценки проектируемой системы в баллах

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

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

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