

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

Направление подготовки/специальность: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Наименование образовательной программы: Математическое и компьютерное моделирование

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Математическое и компьютерное моделирование в оптимальном
управлении**

**Москва
2021**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубков П.В.
	Идентификатор	R4920bc6f-ZubkovPV-8172426с

(подпись)

П.В. Зубков

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черепова М.Ф.
	Идентификатор	R9267877e-CherepovaMF-dbb9bf1

(подпись)

М.Ф.
Черепова

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубков П.В.
	Идентификатор	R4920bc6f-ZubkovPV-8172426с

(подпись)

П.В. Зубков

(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 разрабатывать и исследовать математические модели естествознания и технологий, а также осуществлять их компьютерную реализацию

ИД-3 Демонстрирует знание терминологии, основных понятий и методов решения и компьютерного моделирования прикладных задач

ИД-5 Применяет математические методы исследования и компьютерного моделирования для решения прикладных задач

ИД-6 Разрабатывает и исследует алгоритмы компьютерного моделирования прикладных задач

ИД-7 Проводит компьютерное моделирование прикладных задач и анализирует его результаты

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Моделирование оптимального управления процессом колебания струны (Лабораторная работа)

2. Моделирование оптимального управления процессом нагрева стержня (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы минимизации функционалов (Контрольная работа)

2. Функционалы. Необходимые и достаточные условия экстремума (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Градиент. Условия оптимальности.					
Градиент. Условия оптимальности.		+			
Методы минимизации функционалов.					
Методы минимизации функционалов.			+		

Математическое и компьютерное моделирование оптимального управления процессом нагрева стержня.				
Математическое и компьютерное моделирование оптимального управления процессом нагрева стержня.		+	+	+
Математическое и компьютерное моделирование оптимального управления колебательными процессами.				
Математическое и компьютерное моделирование оптимального управления колебательными процессами.			+	+
Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления.				
Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления.				+
Методы решения некорректных экстремальных задач.				
Методы решения некорректных экстремальных задач.				+
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
ПК-1	ИД-3 _{ПК-1} Демонстрирует знание терминологии, основных понятий и методов решения и компьютерного моделирования прикладных задач	Знать: терминологию, основные понятия и методы оптимального управления подход к получению сопряженной краевой задачи для задач оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями с частными производными	Функционалы. Необходимые и достаточные условия экстремума (Контрольная работа) Методы минимизации функционалов (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-5 _{ПК-1} Применяет математические методы исследования и компьютерного моделирования для решения прикладных задач	Уметь: применять численные методы для решения задач оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями с частными производными	Моделирование оптимального управления процессом нагрева стержня (Лабораторная работа)
ПК-1	ИД-6 _{ПК-1} Разрабатывает и исследует алгоритмы компьютерного моделирования прикладных задач	Уметь: разрабатывать и исследовать алгоритмы численного решения некорректных	Моделирование оптимального управления процессом колебания струны (Лабораторная работа)

		экстремальных задач	
ПК-1	ИД-7 _{ПК-1} Проводит компьютерное моделирование прикладных задач и анализирует результаты его	Уметь: анализировать результаты компьютерного моделирования задач оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями с частными производными	Моделирование оптимального управления процессом нагрева стержня (Лабораторная работа) Моделирование оптимального управления процессом колебания струны (Лабораторная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Функционалы. Необходимые и достаточные условия экстремума

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам на практическом занятии. В задание входит 2 вопроса. Время на проведение 45 минут.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний на необходимые и достаточные условия экстремума функционалов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: терминологию, основные понятия и методы оптимального управления	1. Доказать, что заданный функционал дифференцируем на соответствующем функциональном пространстве 2. Доказать, что заданный функционал дважды дифференцируем на соответствующем функциональном пространстве 3. Получить необходимое условие экстремума для заданного функционала 4. Получить условие оптимальности для заданного функционала
--	--

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. Методы минимизации функционалов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по вариантам на практическом занятии. В задание входит 2 вопроса. Время на проведение 45 минут.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний подхода к получению сопряженной краевой задачи для задач оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями с частными производными, и методов минимизации функционалов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: подход к получению сопряженной краевой задачи для задач оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями с частными производными	1.Получить сопряженную краевую задачу для задачи граничного управления процессом нагрева стержня при финальном наблюдении 2.Получить сопряженную краевую задачу для задачи распределенного управления процессом нагрева стержня с минимальной энергией 3.Получить сопряженную краевую задачу для задачи стартового управления процессом нагрева стержня при финальном наблюдении 4.Описать метод проекции градиента для задачи граничного управления процессом нагрева стержня при финальном наблюдении 5.Описать метод условного градиента для задачи распределенного управления процессом нагрева стержня при финальном наблюдении
---	--

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. Моделирование оптимального управления процессом нагрева стержня

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполняется индивидуальная защита выполненной лабораторной работы. В рамках защиты оценивается выполнение работы, полнота ответов на теоретические и практические вопросы. Время защиты составляет не более 20 минут на одного студента. На защиту представляется отчет по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе выполняется на компьютере в машинописной форме и должен содержать следующие материалы: постановка задачи, необходимый теоретический материал, решение поставленной задачи, анализ полученных результатов, графический материал, тексты программ. Минимальный объем отчета по лабораторной работе составляет 10 страниц.

Краткое содержание задания:

Имеется однородный стержень $0 \leq s \leq 1$, левый конец $s=0$ которого теплоизолирован, на правом конце $s=1$ происходит теплообмен с внешней средой, и кроме того, в стержне имеются источники (или стоки) тепла. Через $x=x(s,t)$ обозначим температуру стержня в точке s в момент t . Пусть $x(s,0)=\varphi(s)$, $0 \leq s \leq 1$ – распределение температуры в стержне в начальный момент $t=0$. Требуется, управляя температурой внешней среды и плотностью источников тепла в стержне, к заданному моменту времени $T>0$ распределение температуры в стержне сделать как можно ближе к заданному распределению $y(s)$, $0 \leq s \leq 1$. Требуется реализовать оптимальное управление в задаче по функции, указанной в варианте индивидуального задания, соответствующим методом минимизации с различными способами выбора шага спуска. Сравнить способы выбора шага спуска по числу итераций с разными вариантами входных данных. Объяснить полученные результаты.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять численные методы для решения задач оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями с частными производными	1. Построить неявную разностную схему для уравнения теплопроводности. Провести аппроксимацию краевых условий. 2. Вывести основные формулы численного интегрирования и найти априорные оценки погрешностей для них. 3. Применить метод проекции градиента при решении экстремальной задачи. 4. Применить метод условного градиента при решении экстремальной задачи. 5. В задаче оптимального управления процессом нагрева стержня рассмотреть функционал $J(p)$ $= \int_0^l x(s, T, u) - y(s) ^2 ds + \beta \int_0^T p(t) ^2 dt, \beta = \text{const} > 0,$ считая функцию $f(s, t) \in L_2(Q)$ заданной. Показать, что управление $p_*(t)$ минимизирует функционал $J(p)$ тогда и только тогда, когда $H(p_*(t), \psi(l, t, p_*)) = \min H(p, \psi(l, t, p))$, $0 \leq t \leq T$, где минимум берется по отрезку $p_{\min} \leq p \leq p_{\max}$, $H(p, \psi) = a^2 v p \psi + \beta p^2$, $\psi(s, t, p)$ – решение сопряженной краевой задачи. 6. Составить функцию Гамильтона-Понтрягина для заданной задачи оптимального управления с закрепленным временем. 7. С помощью принципа максимума Понтрягина решить заданную задачу быстрогодействия.
Уметь: анализировать результаты компьютерного моделирования задач оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями с частными производными	1. Найти константу Липшица для градиента функционала в задаче оптимального управления процессом нагрева стержня. 2. Получить условие оптимальности в задаче оптимального управления процессом нагрева стержня. 3. Получить сопряженную краевую задачу.

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. Моделирование оптимального управления процессом колебания струны

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполняется индивидуальная защита выполненной лабораторной работы. В рамках защиты оценивается выполнение работы, полнота ответов на теоретические и практические вопросы. Время защиты составляет не более 20 минут на одного студента. На защиту представляется отчет по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе выполняется на компьютере в машинописной форме и должен содержать следующие материалы: постановка задачи, необходимый теоретический материал, решение поставленной задачи, анализ полученных результатов, графический материал, тексты программ. Минимальный объем отчета по лабораторной работе составляет 10 страниц.

Краткое содержание задания:

Пусть имеется однородная гибкая струна, один конец которой свободен, на другой ее конец действует внешняя сила и, кроме того, к каждой точке струны также приложена внешняя сила. Требуется, управляя указанными внешними силами, к заданному моменту времени привести струну в положение, как можно меньше отличающееся от заданного. Требуется реализовать оптимальное управление в задаче по функции, указанной в варианте индивидуального задания, соответствующим методом минимизации с различными способами выбора шага спуска. Сравнить способы выбора шага спуска по числу итераций с разными вариантами входных данных. Объяснить полученные результаты.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: разрабатывать и исследовать алгоритмы численного решения некорректных экстремальных задач	1. Построить неявную разностную схему для уравнения колебания струны. Провести аппроксимацию краевых условий. 2. Применить метод проекции градиента при решении экстремальной задачи. 3. Получить градиент функционала в задаче оптимального управления процессом колебания струны при стартовом управлении. 4. Написать итерационные формулы методов проекции градиента и условного градиента для задачи оптимального управления процессом колебания стержня
--	---

	5. Пусть $U = \{u: u \in R, 0 \leq u < +\infty\}$. Рассмотреть задачи минимизации на множестве U функций $J(u) = u^2$, $J(u) = (1 + u)^{-1}$, $J(u) = 1$, $J(u) = u(1 + u^2)^{-1}$, $J(u) = u(1 + u^2)^{-1} + \alpha u$, $\alpha = \text{const} > 0$. Выяснить, какие из этих задач корректны и какие некорректны в естественной метрике $\rho(u, v) = u - v$. 6. Будет ли корректной задача минимизации на множестве $U = L_2(0,1)$ функционала $J(u) = \int_0^1 u^2(t)dt$ в метрике $L_2(0,1)$? $C[0,1]$? 7. Исследовать на корректность заданную экстремальную задачу.
Уметь: анализировать результаты компьютерного моделирования задач оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями с частными производными	1. Применить метод условного градиента при решении экстремальной задачи. 2. Получить условие оптимальности в задаче оптимального управления процессом колебания струны. 3. Получить сопряженную краевую задачу.

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

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Методы минимизации: градиентный метод.
Оптимальное управление колебанием стержня. Сопряженная задача. Градиент.
Показать дифференцируемость заданного функционала.

Процедура проведения

Экзамен проводится в письменно-устной форме. На подготовку ответа студенту дается 60 минут. Кроме ответа на вопросы билета студент должен ответить на дополнительные вопросы.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-Зпк-1 Демонстрирует знание терминологии, основных понятий и методов решения и компьютерного моделирования прикладных задач

Вопросы, задания

- 1.Оптимальное управление колебанием стержня. Сопряженная задача. Градиент
- 2.Оптимальное управление колебанием струны. Условие оптимальности. Методы решения
- 3.Оптимальное управление процессом нагрева стержня. Сопряженная краевая задача
- 4.Оптимальное управление процессом нагрева стержня. Условие оптимальности. Методы решения
- 5.Правило множителей Лагранжа
- 6.Функционал Лагранжа. Седловая точка функционала Лагранжа. Необходимые и достаточные условия существования седловой точки
- 7.Необходимые и достаточные условия экстремума
- 8.Экстремум функционала. Экстремальные задачи
- 9.Сильно выпуклые функционалы. Критерии сильной выпуклости гладких функционалов
- 10.Выпуклые функционалы. Критерии выпуклости гладких функционалов
- 11.Дифференцируемые функционалы. Градиент
- 12.Постановка задачи оптимального управления
- 13.Принцип максимума Понтрягина: постановка задачи, примеры
- 14.Принцип максимума Понтрягина (формулировка)

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Минимизируемый функционал в задаче быстрогодействия имеет вид

Ответы:

$$1) J(u) = \int_{t_1}^{t_1^1} t_1^1 u(t) \backslash differential Dt, 2) J(u) = t_2^2 - t_1^1, 3) J(u) = \int_{t_1}^{t_1^1} t_1^1 u(t) \backslash differential Dt.$$

Верный ответ: 2

- 2.В задаче оптимального управления процессом нагрева стержня управлением является функция начального распределения температуры в стержне, тогда управление называется

Ответы:

1)распределенным, 2) стартовым, 3) граничным.

Верный ответ: 2

3.В задаче оптимального управления процессом нагрева стержня рассматривается функционал $J(u) = \int_0^1 \int_0^1 (x(s, T, u) - y(s))ds$, тогда задача оптимального управления называется задачей

Ответы:

1)с финальным наблюдением, 2) с распределенным наблюдением, 3) с минимальной энергией.

Верный ответ: 1

4.Укажите исходные данные, на которых строится теория оптимального управления.

Ответы:

1)управление, 2) состояние управляемой системы, 3) наблюдение, 4) целевой функционал, 5) необходимые и достаточные условия экстремума функционала, 6) численные методы минимизации функционала, 7) сопряженная задача

Верный ответ: 1, 2, 3, 4

2. Компетенция/Индикатор: ИД-5ПК-1 Применяет математические методы исследования и компьютерного моделирования для решения прикладных задач

Вопросы, задания

1.Написать неявную разностную схему для уравнения теплопроводности

2.Вычислить две итерации по методу проекции градиента для функции $J(u) = x + xy + y$ при $u \in \{x \in [0, 1], y \in [-1, 0]\}$, выбирая в качестве $u_0^0 = (1, -1)$

3.В задаче граничного управления процессом нагрева стержня рассмотреть множество допустимых управлений вида $p(t) \in L_2^2 [0, T]$, $\int_0^1 \int_0^1 (p(t) - q(t))dt < R$, где число $R > 0$ и $q(t) \in L_2^2 [0, T]$ заданы. Описать метод проекции градиента

4.В задаче граничного управления процессом колебания струны рассмотреть множество допустимых управлений вида $p(t) \in L_2^2 [0, T]$, $\int_0^1 \int_0^1 (p(t) - q(t))dt < R$, где число $R > 0$ и $q(t) \in L_2^2 [0, T]$ заданы. Описать метод условного градиента

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Расчетная формула градиентного метода для минимизации функционала $J(u)$ имеет вид

Ответы:

1) $u_{k+1}^k = u_k^k - \alpha_k^k J(u_k^k)$, 2) $u_{k+1}^{k+1} = Pr_U^U (u_k^k - \alpha_k^k J(u_k^k))$, 3) $u_{k+1}^{k+1} = u_k^k + \alpha_k^k k_k (-u_k^k)$

Верный ответ: 1

2.При каком значении веса разностная схема с весами для уравнения теплопроводности становится симметричной?

Ответы:

1)1, 2) $\frac{1}{2}$, 3) 0

Верный ответ: 2

3.Какие из квадратурных формул численного интегрирования имеют второй порядок точности?

Ответы:

1)левых прямоугольников, 2) правых прямоугольников, 3) центральных прямоугольников, 4) трапеций, 5) парабол (Симпсона)

Верный ответ: 3, 4

3. Компетенция/Индикатор: ИД-6ПК-1 Разрабатывает и исследует алгоритмы компьютерного моделирования прикладных задач

Вопросы, задания

1. Пусть $U = \{u: \text{ } u \in R, \text{ } 0 \leq u < +\infty\}$. Исследовать корректность задачи минимизации на множестве U функции $J(u) = ((1 + u))$ в естественной метрике $\rho(u, v) = |u - v|$.
2. Исследовать корректность задачи минимизации на множестве $U = L_2(0,1)$ функционала $J(u) = \int_0^1 u^2(t)dt$ в метрике $C[0,1]$
3. Построить слабый стабилизатор для задачи минимизации функций на выпуклом замкнутом множестве из $L_p^p(a, b)$, $1 < p < +\infty$.
4. Пусть $J(u)$ - выпуклый полунепрерывный снизу функционал на выпуклом замкнутом ограниченном множестве U из гильбертова пространства H , $\Omega(u) = ||u||$. Выяснить возможность применения метода стабилизации Тихонова для поиска Ω -нормального решения задачи минимизации $J(u)$ на U .

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Пусть $U = \{u: \text{ } u \in R, \text{ } 0 \leq u < +\infty\}$. Будет ли корректна задача минимизации на множестве U функции $J(u) = u \text{ } (1 + u^2)^{-1}$ в естественной метрике $\rho(u, v) = |u - v|$?

Ответы:

- 1) да, 2) нет

Верный ответ: 2

2. Пусть $U = \{u: \text{ } u \in R, \text{ } 0 \leq u < +\infty\}$. Будет ли корректна задача минимизации на множестве U функции $J(u) = u \text{ } (1 + u^2)^{-1} + \alpha u$, $\alpha = const > 0$ в естественной метрике $\rho(u, v) = |u - v|$?

Ответы:

- 1) да, 2) нет

Верный ответ: 1

3. В методе стабилизации задачи минимизации функционала $J(u)$ используется функционал Тихонова $T_k^k k_k(u) = J(u) + \alpha_k^k \Omega(u)$, в котором числа α_k^k должны

Ответы:

- 1) стремиться к нулю, 2) быть положительными и стремиться к нулю, 3) быть отрицательными и стремиться к нулю

Верный ответ: 2

4. Компетенция/Индикатор: ИД-7ПК-1 Проводит компьютерное моделирование прикладных задач и анализирует его результаты

Вопросы, задания

1. Для задачи оптимального управления процессом колебания стержня получить сопряженную краевую задачу
2. Для задачи стартового управления процессом нагрева стержня получить условие оптимальности
3. Для задачи граничного управления процессом нагрева стержня с краевыми условиями первого рода получить сопряженную задачу
4. Для задачи граничного управления процессом колебания струны с краевыми условиями первого рода получить условие оптимальности

Материалы для проверки остаточных знаний

1. В задаче оптимального управления процессом нагрева стержня, в котором левый конец стержня теплоизолирован, а на правом конце происходит теплообмен с внешней средой, рассматривается функционал $J(u) = \int_0^l 0_0 0_0 (x(s, T, u) - s) ds$, тогда при распределенном и граничном управлении наибольшая погрешность будет

Ответы:

1) на концах отрезка $[0, l]$, 2) на левом конце, 3) на правом конце

Верный ответ: 2

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня.

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