

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 08.11.2023 10:02:15  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1b5166

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:  
Руководитель ООП  
Н.А. Семькина

« 4 » 09



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Методы оптимального управления для решения задач компьютерной  
безопасности**

Специальность

**10.05.01 Компьютерная безопасность**

Специализация

**«Математические методы защиты информации»**

Для студентов очной формы обучения

**СПЕЦИАЛИТЕТ**

Для студентов 5 курса ОФО

Составитель:

Шаповалова И. А.

Тверь 2023

## **. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины (модуля) является:

изучение методов построения и анализа оптимальных решений, численных методов и алгоритмов методов управления системами, имеющими обширные приложения в информационной и компьютерной безопасности, экономике, технике, компьютерных науках и других сферах.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных понятий теории оптимального управления, теории устойчивости, численных методов;
- уяснение методических основ использования теории оптимального управления в практических приложениях;
- овладение основными принципами решения прикладных оптимизационных задач.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Данная дисциплина входит в обязательную часть учебного плана. Для освоения дисциплины обучающийся должен владеть современными методами и средствами информационных технологий и необходимы компетенции, сформированные в процессе обучения дисциплин «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Численные методы», «Модели безопасности компьютерных систем», «Методы программирования». Знания и навыки, приобретенные в результате изучения дисциплины, используются обучающимися при изучении дисциплин «Модели управляемых систем в информационной безопасности», «Анализ интеллектуальных систем», при разработке курсовых и выпускных квалификационных работ.

**3. Объем дисциплины:** 5 зачетных единицы, 180 академических часа, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 34 часа, в т. ч. практическая подготовка 0 часов, практические занятия 34 часа, в т. ч. практическая подготовка 0 часов;

**самостоятельная работа:** 112 часов, в том числе контроль 27 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-2.1.</b> Способен разрабатывать алгоритмы, реализующие современные математические методы защиты информации;	<b>ОПК-2.1.2.</b> Разрабатывает рекомендации и предложения по совершенствованию и повышению эффективности защиты информации;
<b>ОПК-2.2.</b> Способен разрабатывать и анализировать математические модели механизмов защиты информации;	<b>ОПК-2.2.1.</b> Выявляет наиболее целесообразные подходы к обеспечению защиты информации компьютерной системы;
	<b>ОПК-2.2.2.</b> Разрабатывает математические модели, реализуемые в средствах защиты информации;
<b>ОПК-2.3.</b> Способен проводить сравнительный анализ и осуществлять обоснованный выбор программных и программно-аппаратных средств защиты информации с учетом реализованных в них математических методов;	<b>ОПК-2.3.2.</b> Анализирует существующие методы и средства, применяемые для контроля и защиты информации.

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения экзамен –** 9 семестр, курсовая работа – 9 семестр.

**6. Язык преподавания русский.**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)	
		Лекции		Практические занятия			Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)
		все го	в т.ч. практическая подготовка	всего	в т.ч. практическая подготовка		
<b>Тема 1. Задача линейного программирования.</b> Постановка ЗЛП. Графическое решение ЗЛП. Двойственные ЗЛП. Симплекс-метод.	20	4		4		12	
<b>Тема 2. Прикладные ЗЛП и способы решения.</b> Задача о распределении ресурсов. Транспортная задача. Задача о коммивояжере. Задача о кратчайшем пути.	20	4		4		12	
<b>Тема 3. Задачи нелинейного программирования.</b> Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах нелинейного программирования.	30	6		6		18	

<p><b>Тема 4. Дискретная задача оптимального управления и методы ее решения.</b>          Необходимые и достаточные условия оптимальности.          Методы внутренних и внешних штрафных функций.</p>	20	4		4			12
<p><b>Тема 5. Задача оптимального управления динамической системой.</b>          Постановка задачи.          Принцип максимума Понтрягина. Краевая задача. Задачи с нефиксированным временем процесса, задачи быстрогодействия.</p>	30	6		6			18
<p><b>Тема 6. Методы аппроксимации задач оптимального управления дискретной задачей.</b>          Точность аппроксимации.</p>	20	4		4			12
<p><b>Тема 7. Численные методы и алгоритмы построения оптимального решения.</b>          Градиентные методы, метод Ньютона, метод сопряженных направлений, итерационные методы.</p>	40	6		6	0		28
<b>ИТОГО</b>	180	34	0	34	0	0	112

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
Тема 1. Задача линейного программирования	Лекция Практическое занятие	Традиционная лекция. Цифровые технологии.
Тема 2. Прикладные ЗЛП и способы решения.	Лекция Практическое занятие	Проблемная лекция, дискуссионные технологии. Цифровые технологии.
Тема 3. Задачи нелинейного программирования.	Лекция Практическое занятие	Традиционная лекция, дискуссионные технологии.
Тема 4. Дискретная задача оптимального управления и методы ее решения.	Лекция  Практическое занятие	Традиционная лекция, дискуссионные и проектные технологии.
Тема 5. Задача оптимального управления динамической системой.	Лекция Практическое занятие	Традиционная лекция. Цифровые технологии.
Тема 6. Методы аппроксимации задач оптимального управления дискретной задачей.	Лекция Практическое занятие	Традиционная лекция. Цифровые технологии.
Тема 7. Численные методы и алгоритмы построения оптимального решения.	Лекция  Практическое занятие	Проблемная лекция. Проектные технологии, методы группового решения творческих задач, цифровые технологии

### IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

#### Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

#### Задания для практических занятий

**Задание 1 (ОПК-2.3.2, ОПК-2.2.1).** Найти решение задачи линейного программирования симплекс-методом.

$$2x_1 + x_2 - x_3 \rightarrow \max,$$

$$2x_2 - x_3 \leq 5,$$

$$x_1 + x_2 - x_3 \geq -1,$$

$$2x_1 - x_2 \leq -3,$$

$$x_1 \leq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**Задание 2 (ОПК-2.3.2, ОПК-2.2.1).** Решить графически задачу линейного программирования

$$f(x) = 3x_1 + 4x_2 \rightarrow \max,$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 9, \quad 3x_1 + 2x_2 \leq 13,$$

$$x_1 - x_2 \leq 1, \quad x_2 \leq 2,$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0.$$

**Задание 3 (ОПК-2.3.2, ОПК-2.2.1).** Составить двойственную задачу для следующей задачи

$$f = x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 + x_5 \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + x_3 + 3x_4 - 2x_5 = 6, \\ 2x_1 + 3x_2 - 2x_3 - x_4 + x_5 \leq 4, \\ x_1 + 3x_3 - 4x_5 \geq 8, \end{cases}$$

переменные  $x_1 \geq 0, x_3 \geq 0, x_5 \geq 0$ , переменные  $x_2$  и  $x_4$  не имеют ограничения знака.

**Задание 4 (ОПК-2.1.2, ОПК-2.2.2).** На предприятии из листов металла размером  $5 \times 10$  м требуется выкраивать заготовки типа А и В, имеющие размеры соответственно  $4 \times 1$  м и  $2 \times 3$  м. Известны потребности в этих заготовках – нужно выкроить по 1600 заготовок каждого типа. Необходимо предложить такой план раскроя, который позволил бы выполнить плановое задание с наименьшими затратами материала.

**Задание 5 (ОПК-2.1.2, ОПК-2.2.2).** Имеется  $m$  предприятий  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , производящих один и тот же продукт одного качества в количествах, равных соответственно  $a_1, a_2, \dots, a_m$ . Есть  $n$  потребителей этого продукта, находящихся в пунктах  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , причём потребности их известны и равны

$b_1, b_2, \dots, b_n$ . Предполагается, что суммарный объём потребления равен суммарному объёму производства всех предприятий. Перевозка продукта от  $i$ -го предприятия к  $j$ -ому потребителю ведёт к затратам в размере  $c_{ij}$  за единицу продукции. Все величины  $c_{ij}$  считаются известными. Требуется рассчитать оптимальный план перевозок, то есть определить, сколько груза должно быть отправлено из каждого предприятия в каждый пункт потребления с минимальными транспортными издержками.

**Задание 6 (ОПК-2.1.2, ОПК-2.2.2).** Имеется  $n$  городов. Заезжая в каждый из них только один раз, коммивояжер должен объехать все города и вернуться в исходный город. Каждый город соединен со всеми остальными. Известна матрица издержек при переезде из одного города в другой. Необходимо найти минимальный (в смысле издержек) замкнутый маршрут.

**Задание 5 (ОПК-2.1.2, ОПК-2.2.1, ОПК-2.2.2).** Решить задачу о скорейшем попадании объекта из заданной точки в начало координат. Задача имеет следующий вид:

$$T \rightarrow \inf$$

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -kx_1 - bx_2 + u \end{cases}$$

где  $|u| \leq 1$ ,

$$x_1(0) = a_1, x_2(0) = b_1, x_1(T) = 0, x_2(T) = 0.$$

**Задание 6 (ОПК-2.3.2., ОПК-2.2.1).** Построить краевую задачу принципа максимума для следующей задачи оптимального управления

$$J(u) = T \rightarrow \inf,$$

$$\dot{x}_1 = x_2,$$

$$\dot{x}_2 = -\alpha_i x_2 - \beta_i x_1 + u(t),$$

$$x_i(0) = \xi_i, x_i(T) = 0, i = 1, 2,$$

$$|u(t)| \leq 1, t \in [0, T],$$

$$i = \begin{cases} 1, & S(t, x_1, x_2) < 0, \\ 2, & S(t, x_1, x_2) \geq 0. \end{cases}$$

При анализе решения требуется исследовать количество переключений оптимального управления, построить краевую задачу принципа максимума,

функцию Ляпунова, изобразить траекторию на фазовой плоскости, полагая  $S(t, x) = x_i - M_i$ ,  $i = 1, 2$  где  $M_i$  - заданные значения отклонения или скорости.

**Задание 7 (ОПК-2.3.2, ОПК-2.2.1).** Построить численное решение следующей задачи оптимального управления и проанализировать зависимость решения от параметров задачи.

$$\begin{aligned} J(u) &= T \rightarrow \inf, \\ \dot{x} &= A^\ell x + b^\ell u, \\ x(0) &= a, \quad x(T) = 0, \quad |u^i| \leq 1, \quad i = 1, 2, \\ \ell &= \begin{cases} 1, & S(t, x) < 0, \\ 2, & S(t, x) \geq 0, \end{cases} \end{aligned}$$

где  $B^\ell$ ,  $A^\ell$ ,  $\ell = 1, 2$ , - матрицы размерности  $2 \times 2$ ,  $a$  - двумерный вектор,  $S(t, x)$  - заданная поверхность переключения. Требуется исследовать оптимальное решение задачи в зависимости от собственных векторов матриц  $A^\ell$ ,  $\ell = 1, 2$ , выбирая в качестве поверхности переключения следующие случаи: а)  $x_1 + M_1 = 0$ , б)  $x_2 + M_2 = 0$ , в)  $\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + M = 0$ .

**Задание 8 (ОПК-2.3.2, ОПК-2.2.1).** Электрическая или химическая нейронная модель взаимодействия нейронов описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{x}_i(t) &= -\lambda \left[ 1 + R \exp(-x_i^2(t)) \right] x_i(t) + \\ &+ \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n w_{ij}(t) (x_j(t) - x_i(t)), \quad \text{если } \sum_{i=1}^n x_i < M, \\ \dot{x}_i(t) &= 0, \quad \text{если } \sum_{i=1}^n x_i \geq M, \\ x_i(0) &= a_i, \quad i = \overline{1, n}, \\ |w_{ij}(t)| &\leq a_{ij}, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad \text{п.в. } t \in [0, T], \end{aligned}$$

где  $\psi_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$  - заданные непрерывные функции,  $\alpha_{ij}$ ,  $\varepsilon_i$ ,  $c_i$ ,  $M_i$ ,  $a_{ij}$ ,  $R$ ,  $\lambda$  - заданные положительные параметры. Коэффициенты  $w_{ij}(t)$ ,  $i, j = \overline{1, n}$ , определяющие влияние  $j$ -го нейрона на  $i$ -й, выбираются из условия минимума функционала  $I(w(\cdot))$ , в котором подынтегральная функция

выбирается в зависимости от программы обучения. Эта функция, характеризует общую энергию нейронной сети и корреляцию с заданным состоянием системы:

$$J(w) = \int_0^T \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} w_{ij}^2(t) + \sum_{i=1}^n \varepsilon_i (x_i(t) - \psi(t))^2 \right] dt + \\ + \sum_{i=1}^n M_i (x_i(T) - A_i)^2 + \sum_{i=1}^n c_i x_i(T).$$

Построить краевую задачу принципа максимума для данной модели нейронной сети.

**Задание 9 (ОПК-2.3.2, ОПК-2.2.1, ОПК-2.2.2).** Выписать дискретную аппроксимацию непрерывной задачи, моделирующей процесс погашения эпидемии в неоднородном сообществе.

$$\Phi_k(x, u) = \int_0^T [x_1 + x_2 + d(u_1 + u_2)] dt + \int_0^T A_k (\max\{-x_1; 0\})^{2r} dt + \\ + \int_0^T B_k (\max\{-x_2; 0\})^{2r} dt + C_k (\max\{-x_1(T); 0\})^{2r} + D_k (\max\{-x_2(T); 0\})^{2r} \rightarrow \inf, \\ \begin{cases} \dot{x}_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 - u_1, \\ \dot{x}_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 - u_2, \end{cases} \quad x_i(0) = x_{0i}, i = 1, 2;$$

### **Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации**

Проверяемые индикаторы достижения компетенций: ОПК-2.1.2; ОПК-2.2.1; ОПК-2.2.2; ОПК-2.3.2.

### **Примеры заданий для проведения промежуточной аттестаций в форме экзамена**

Обучающийся решает практическое задание и отвечает на теоретические вопросы.

Способ проведения промежуточной аттестации: письменное решение.

#### ***Пример итоговой проверочной работы.***

1. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Теорема о седловой точке.
2. Постановка задач оптимального управления. Примеры.

3. Составить двойственную задачу для следующей задачи

$$f = x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 + x_5 \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + x_3 + 3x_4 - 2x_5 = 6, \\ 2x_1 + 3x_2 - 2x_3 - x_4 + x_5 \leq 4, \\ x_1 + 3x_3 - 4x_5 \geq 8, \end{cases}$$

переменные  $x_1 \geq 0, x_3 \geq 0, x_5 \geq 0$ , переменные  $x_2$  и  $x_4$  не имеют ограничения знака.

### **Критерии оценивания и шкала оценивания:**

Максимально возможное количество баллов – 40 баллов, при этом начисление баллов производится следующим образом:

Самостоятельно выполнено верно 85 - 100 % от всех заданий. Ответ на вопросы демонстрирует знание и корректное использование теоретического материала. Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы. Имеется полное верное решение задачи, включающее правильный ответ – 30 - 40 баллов;

Самостоятельно выполнено верно 75 - 84% от всех заданий. Ответ на вопросы демонстрирует знание и корректное использование теоретического материала. Ответ не содержит фактических ошибок. Дано верное решение задачи, но в решении имеются неверные записи И/ИЛИ арифметические ошибки – 20 - 30 баллов;

Самостоятельно выполнено верно 50 - 74% заданий. Ответ на вопросы демонстрирует знание теоретического материала. Решение содержит фактические ошибки, не искажающие общего смысла. – 10 - 20 баллов;

Выполнено верно менее 50% заданий. В ответе преобладают рассуждения общего характера И/ИЛИ содержит существенные фактические ошибки, искажающие смысл. Решение не дано ИЛИ дано неверное решение – 0 – 10 баллов.

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 1) Рекомендуемая литература

#### а) Основная литература

1. Алюшин, В. М. Методы оптимального управления : учебное пособие / В. М. Алюшин, Л. В. Колобашкина. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2020. — 176 с. — ISBN 978-5-7262-2695-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175406>.
2. Эпштейн, Г. Л. Теория оптимального управления : учебное пособие / Г. Л. Эпштейн, А. П. Иванова. — Москва : РУТ (МИИТ), 2020. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175959>
3. Певзнер, Л. Д. Теория систем управления : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 424 с. — ISBN 978-5-8114-1566-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168877>.

#### б) Дополнительная литература

1. Толпегин, О. А. Методы оптимального управления : учебник и практикум для вузов / О. А. Толпегин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 234 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13534-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/465342>
2. Андреева Е. А., П. В. Кратович. **Оптимизация нейронных сетей** : учебное пособие /; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Твер. гос. ун-т". - Тверь : Тверской государственный университет, 2015. Ссылка на ресурс: <http://texts.lib.tversu.ru/texts/10362ogl.pdf>

### 2) Программное обеспечение

Adobe Acrobat Reader DC - Russian

бесплатно

Cadence SPB/OrCAD 16.6

Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009

Git version 2.5.2.2	бесплатно
Google Chrome	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011;
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012;
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
Microsoft Web Deploy 3.5	бесплатно
MiKTeX 2.9	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
MySQL Workbench 6.3 CE	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
Origin 8.1 Sr2	договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»;
PostgreSQL 9.6	бесплатно
Python 3.4.3	бесплатно
Visual Studio 2010 Prerequisites - English	Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г.
WCF RIA Services V1.0 SP2	бесплатно
WinDjView 2.1	бесплатно
WinPcap 4.1.3	бесплатно
Wireshark 2.0.0 (64-bit)	бесплатно
R studio	бесплатно

### **3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. ЭБС Лань <https://e.lanbook.com/> Договор № 4-е/23 от 02.08.2023 г.
2. ЭБС Znaniy.com <https://znaniy.com/> Договор № 1106 эбс от 02.08.2023 г.
3. ЭБС Университетская библиотека online <https://biblioclub.ru> Договор № 02-06/2023 от 02.08.2023 г.
4. ЭБС ЮРАЙТ <https://urait.ru/> Договор № 5-е/23 от 02.08.2023 г.
5. ЭБС IPR SMART <https://www.iprbookshop.ru/> Договор № 3-е/23К от 02.08.2023 г.
6. <https://cyberleninka.ru/> научная электронная библиотека «Киберленинка».
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы) [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp);
8. Репозиторий ТвГУ <http://eprints.tversu.ru>

#### **4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Автоматика и телемеханика. Режим доступа:  
<http://elibrary.ru/contents.asp?issuesid=1512676>
2. Известия РАН. Теория и системы управления. Режим доступа:  
<http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7830>
3. Популярный сайт о фундаментальной науке Элементы -  
<http://elementy.ru/>
4. Новости науки и техники <http://sci-lib.com/>

#### **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

##### ***Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов***

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

**1. Работа с учебными пособиями.** Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

**2. Самостоятельное изучение тем.** Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она

предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, написание рефератов, выступление с докладом, подготовку к практическим занятиям, работу над проектом, подготовку к экзамену.

**3. Подготовка к практическим занятиям.** При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется следовать методическим рекомендациям по работе с учебными пособиями, приведенным выше.

**4. Составление глоссария.** В глоссарий должны быть включены основные понятия, которые студенты изучают в ходе самостоятельной работы. Для полноты исследования рекомендуется вписывать в глоссарий и те термины, которые студентам будут раскрыты в ходе практических занятий и самостоятельной работы.

**5. Составление конспектов.** В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания использованы схемы и таблицы.

**6. Подготовка к зачету / экзамену.** При подготовке к зачету / экзамену студенты должны использовать как самостоятельно подготовленные конспекты, так и материалы, полученные в результате контактной работы. Для получения зачета по дисциплине необходимо решить минимум 51% тестовых заданий (минимальная оценка – удовлетворительно), при решении меньшего количества заданий зачет считается не сданным.

***Тематика курсовых работ и методические рекомендации по их написанию***

1. Задачи оптимизации применительно к фильтрации сигналов.
2. Задачи оптимизации в программировании.
3. Задачи оптимизации в информационном противоборстве.
4. Оптимальное траекторное управление, задача перехвата.
5. Оптимальное управление в режиме реального времени.

6. Оптимальное управление по критерию минимальной обобщенной работы.
7. Оптимальное управление по критерию наибольшего быстродействия.
8. . Применение динамических систем к исследованию нелинейных задач.
9. Анализ распространения информации в социальных сетях.
10. Моделирование транспортных потоков.
11. Применение методов усреднения к исследованию предельного поведения оптимального управления в краевой задаче для обыкновенного дифференциального уравнения с быстро осциллирующими коэффициентами.
- 12.. Применение методов построения эффективных (усредненных) математических моделей и применение их к краевой задаче для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с быстро осциллирующими коэффициентами.

### ***Методические рекомендации по написанию курсовых работ***

Написание курсовой работы является формой контроля и оценки знаний обучающихся, а также данный вид самостоятельной работы способствует углубленному изучению обучающимися соответствующего материала и развивает способности к научному мышлению и творчеству.

Написание обучающимся курсовой работы ведется под методическим руководством преподавателя, ведущего практические занятия.

К содержанию курсовой работы предъявляются следующие требования:

- 1) учет и раскрытие неразрывной связи теории с практикой;
- 2) самостоятельное и соответствующее названию темы работы и ее плану логически-последовательное изложение материала;
- 3) использование необходимого минимума имеющихся по данной теме учебно-научной литературы, наличие в тексте работы соответствующих ссылок;

4) культура изложения материала, правильное применение технических, математических и иных терминов, грамотность, аккуратное оформление работы и т.п.

Использование научных и учебных публикаций не должно сводиться к переписыванию и неоправданной перегрузке работы цитатами и сносками. При изложении дискуссионных вопросов необходимо привести различные точки зрения и дать их аргументированный анализ. При написании курсовой работы обучающемуся следует показать умение работать со специальной литературой, анализировать различные источники, делать на их основе обоснованные выводы.

Курсовая работа должен иметь следующую структуру:

- титульный лист;
- план работы;
- вводная часть (вступление, введение);
- основная часть, разделенная на главы, и, возможно, на параграфы;
- заключение;
- список использованной литературы;
- при необходимости -- приложения (схемы, таблицы, анкеты, графики и т.п.).

Рекомендуемый объем текста 15-20 страниц; Формат - А 4, шрифт - Times New Roman, размер шрифта – 14, межстрочный интервал – 1,5.

### **Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестаций в форме экзамена**

1. Допустимое множество и целевая функция. Формы записи задач математического программирования.
2. Классификация задач математического программирования.
3. Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи.

4. Графическое решение задачи линейного программирования, особые случаи решения ЗЛП.
5. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Крайние точки и крайние лучи выпуклых множеств.
6. Теоремы об отделяющей, опорной и разделяющей гиперплоскости. Представление точек допустимого множества задачи линейного программирования через крайние точки и крайние лучи.
7. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования. Опорные решения системы линейных уравнений и крайние точки множества допустимых решений.
8. Симплекс метод, исследование случаев неразрешимости.
9. Основы теории двойственности в линейном программировании. Локальный и глобальный экстремум.
10. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Теорема о седловой точке.
11. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Необходимые условия Куна-Таккера.
12. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа. Выпуклые функции и их свойства. Задание выпуклого множества с помощью выпуклых функций.
13. Постановка задачи выпуклого программирования и формы их записи. Простейшие свойства оптимальных решений.
14. Необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемой выпуклой функции на выпуклом множестве и их применение.
15. Специальные задачи линейной оптимизации. Классическая транспортная задача, ее модификации.
16. Задача о назначениях, особые случаи задачи о назначениях.

17. Общая задача нелинейного программирования. Основные понятия и общие сведения о методах реализации моделей нелинейного программирования.
18. Функция Лагранжа для задачи нелинейного программирования. Необходимые и достаточные условия локальной оптимальности в задаче нелинейного программирования.
19. Общие сведения о задачах выпуклого и динамического программирования.
20. Методы управления ресурсами. Основные системы управления ресурсами.
21. Постановка и основные параметры задачи управления ресурсами. Классическая модель управления ресурсами без дефицита (формула Уилсона) и с допущением дефицита.
22. Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Метод ветвей и границ.
23. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм.
24. Задачи оптимизация на сетях и графах. Метод динамического программирования для многошаговых задач принятия решений.
25. Постановка задач оптимального управления. Примеры.
26. Ограничения на траекторию и управление. Совместные ограничения.
27. Задачи со свободным правым концом и фиксированным временем. Необходимые условия оптимальности.
28. Необходимые условия оптимальности в линейно-квадратичной задаче. Построение оптимального управления.
29. Метод множителей Лагранжа.
30. Принцип максимума Понтрягина в задаче Майера.
31. Задача Больца.
32. Необходимые условия оптимальности для линейных по скалярному управлению систем.

33. Задачи оптимального управления и изопериметрическими ограничениями.
34. Управление экологическими системами. Модель Лотки- Вольтерра.
35. Задача об оптимальном быстродействии.
36. Управляемость линейных стационарных систем.
37. Управляемость линейных нестационарных систем.
38. Уравнение Беллмана и его свойства. Связь метода динамического программирования и принципа максимума.
39. Вычислительная схема метода динамического программирования.
40. Линейно-квадратичная задача.
41. Стабилизация линейных систем.
42. Стабилизация квазилинейных систем.
43. Особые оптимальные управления. Пример.
44. Скользящие оптимальные режимы. Пример.
45. Классификация численных методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости.
46. Методы первого порядка. Градиентные методы.
47. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации.
48. Основные подходы к решению задач с ограничениями. Классификация задач и методов.
49. Методы проектирования. Метод проекции градиента. Метод условного градиента.
50. Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации.

Требования к рейтинг-контролю для студентов очной формы обучения

Текущая работа студентов оценивается в 60 баллов, которые распределяются между двумя модулями (периодами обучения) следующим образом:

Модуль (период обучения)	Максимальная сумма баллов в модуле	Максимальная сумма баллов за работу на	Максимальный балл за рейтинговую контрольную работу
--------------------------------	--	---	---

		практических и лабораторных занятиях	
1	30	20	10
2	30	20	10

Правила формирования рейтинговой оценки и шкалу пересчета рейтинговых баллов в оценку на экзамене см. в «Положении о рейтинговой системе обучения в ТвГУ»:

[https://tversu.ru/sveden/files/204-R\\_Pologhenie\\_o\\_reytingovoy\\_sisteme\\_obucheniya\\_v\\_TvGU.pdf](https://tversu.ru/sveden/files/204-R_Pologhenie_o_reytingovoy_sisteme_obucheniya_v_TvGU.pdf)

## VII. Материально-техническое обеспечение

Учебный процесс по данной дисциплине проводится в аудиториях, оснащенных мультимедийными средствами обучения. Для организации самостоятельной работы студентов необходимо наличие персональных компьютеров с доступом в Интернет.

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная аудитория. Математический кабинет № 213 (Корпус 3, 170002, Тверская обл., г.Тверь, пер. Садовый, дом 35)	Набор учебной мебели, меловая доска, Переносной ноутбук, Компьютер:(процессор Core i5-2400+монитор LC E2342T (10шт.) Графопроектор, мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 1) Проектор Casio XJ-M140, кронштейн, кабель, удлинитель, настенный проекц. экран Lumien 180*180.	Adobe Acrobat Reader DC - Russian-бесплатно; Cadence SPB/OtCAD 16.6-Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009; Git version 2.5.2.2-бесплатно; Google Chrome-бесплатно; Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows-Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022; Lazarus 1.4.0-бесплатно; Mathcad 15 M010-Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011; MATLAB R2012b-Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012; Многофункциональный редактор ONLYOFFICE - бесплатно;

		<p>ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО-бесплатно; Microsoft Web Deploy 3.5-бесплатно; MiKTeX 2.9-бесплатно; MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK-бесплатно; MySQL Workbench 6.3 CE-бесплатно; NetBeans IDE 8.0.2-бесплатно; Notepad++-бесплатно; Origin 8.1 Sr2-договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»; PostgreSQL 9.6 -бесплатно; Python 3.4.3-бесплатно; Visual Studio 2010 Prerequisites - English-Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г. ; WCF RIA Services V1.0 SP2-бесплатно; WinDjView 2.1-бесплатно; WinPcap 4.1.3-бесплатно; Wireshark 2.0.0 (64-bit)-бесплатно; R studio-бесплатно.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная аудитория № 314 (Корпус 3, 170002, Тверская обл., г.Тверь, пер. Садовый, дом 35)</p>	<p>Набор учебной мебели, меловая доска, Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2): Проектор Casio XJ-140 настенный проекц. экран Lumien 180*180, Ноутбук Dell N4050, сумка 15,6", мышь; Усилитель Roxton AA-120; Радиосистема Shure PG288/PG58; Микшер Mackie 402 VLZ; Стационарный микрофон SOUNDKING EG002 с настольным держателем; Мультимедийный проектор Casio XJ-N2650 с потолочным креплением и моториз. экраном; Шкаф напольный 19".</p>	<p>Google Chrome-бесплатно; Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows-Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022; Lazarus – бесплатно; OpenOffice –бесплатно; Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО- бесплатно; ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО- бесплатно</p>

### VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	I - IX	Корректировка всех разделов в соответствии с новым стандартом	15.05.2017
2.	V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Обновление списка литературы.	2018
3.	VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	Корректировка планов лабораторных занятий и методических рекомендаций к ним.	2019
4.	V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Обновление списка литературы. Обновление ссылок из ЭБС.	2020
5.	I - VIII	Корректировка всех разделов в соответствии с новым стандартом	Протокол № 10 от 29.06.2021
6.	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Обновление списков ПО. Обновление ссылок из ЭБС.	Протокол № 1 от 1.09.2023