

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 10.10.2023 15:05:24  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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



Утверждаю:

Руководитель ООП

А.А. Голубев

«16» 08 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## Оптимальное управление

Направление подготовки

**01.03.01 Математика**

Профиль подготовки

**Преподавание математики и информатики**

Для студентов 4 курса

Форма обучения очная

Составитель:

ст. преподаватель Желтов С.А.

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины является обучение будущего бакалавра:

- свободно ориентироваться в основных разделах дисциплины, что включает: классическое вариационное исчисление, оптимальное управление, принцип максимума Понтрягина, методы решения задач линейного и нелинейного программирования, дискретные задачи оптимизации;
- владеть основными понятиями и методами, уметь применять их для решения типовых задач;
- использовать методы оптимизации для исследования математических моделей процессов в экономике, экологии, медицине и др.

Задачи курса:

- формирование понятий: управление, критерий качества управления, ограничения на процесс управления, цель управления;
- освоение математических методов определения оптимальных решений в задачах управления;
- изучение структуры и математического описания задач оптимального управления;
- изучение методов динамического программирования для решения вариационных задач;
- развитие умений самостоятельно расширять и углублять знания в изучении методов оптимизации процессов управления для решения научно – технических и практических задач.

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

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 учебного плана – к дисциплинам, формирующим универсальные и общепрофессиональные компетенции.

Изучается на старших курсах и использует сведения из таких общих фундаментальных курсов, как математический анализ, алгебра и теория чисел, аналитическая геометрия, дифференциальные уравнения, функциональный анализ.

Дисциплина изучается на 4 курсе (8-й семестр).

**3. Объём дисциплины:** 2 зачетные единицы, 72 академических часа, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 20 часов, практические занятия 30 часов;

**самостоятельная работа:** 22 часа.

#### **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
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними УК-2.3 Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм УК-2.4 Выполняет задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректирует способы решения задач
ОПК-2 Способен разрабатывать, анализировать и внедрять новые математические модели в современных естествознании, технике, экономике и управлении	ОПК-2.1 Строит типовые математические модели, применяя стандартные приемы и методы ОПК-2.2 Исследует новые математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения зачет (8 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		Самостоятельная работа, в том числе контроль (час.)
		Лекции	Практические занятия	
Тема 1. <b>Конечномерные экстремальные задачи.</b> Элементы дифференциального исчисления и выпуклого анализа, гладкие задачи с равенствами; правило множителей Лагранжа, задачи нелинейного программирования и проблемы экономики.	8	2	2	4
Тема 2. <b>Элементы выпуклого программирования.</b> Теорема Куна-Таккера, теорема двойственности.	6	2	2	2
Тема 3. <b>Дискретные задачи оптимального управления.</b> Дискретный управляемый процесс; необходимые условия оптимальности для дискретного управляемого процесса; расчетные формулы для построения численных алгоритмов; примеры управляемых моделей из области экологии.	6	2	2	2
Тема 4. <b>Элементы линейного программирования.</b> Задача линейного программирования; геометрическая интерпретация; методы решения задач линейного программирования; симплекс-метод; элементы теории двойственности.	6	2	2	2
Тема 5. <b>Численные методы решения конечномерных экстремальных задач.</b> Методы решения задач без	8	2	2	4

ограничения, градиентные методы; методы Ньютона; методы сопряженных направлений. Методы решения задач условной минимизации, теоремы о проекциях, метод штрафных функций.				
<b>Тема 6. Классическое вариационное исчисление.</b> Классическая задача вариационного исчисления; уравнение Эйлера; условия второго порядка Лежандра и Якоби.	8	2	2	4
<b>Тема 7. Классическое вариационное исчисление.</b> Задача Больца, условия трансверсальности.	8	2	2	4
<b>Тема 8. Классическое вариационное исчисление.</b> Задачи классического вариационного исчисления с ограничениями; необходимые условия в изопериметрической задаче и задаче со старшими производными. Классическое вариационное исчисление и естествознание.	8	2	2	4
<b>Тема 9. Оптимальное управление и принцип максимума.</b> Элементарная задача оптимального управления.	10	2	2	6
<b>Тема 10. Оптимальное управление.</b> Задача оптимального управления; принцип максимума Понтрягина. Краевая задача принципа максимума; оптимальное управление и задачи техники; связь между оптимальным управлением и классическим вариационным исчислением; численные методы решения задач вариационного исчисления и оптимального управления.	10	2	2	6
<b>Тема 11. Достаточные условия оптимальности в задачах оптимального управления.</b>	6	0	2	4

Представление минимизируемого функционала; неравенство Гамильтона-Якоби. Теорема Гамильтона – Якоби о достаточных условиях оптимальности. Задача оптимального управления, линейная относительно фазовых координат. Связь достаточных условий с принципом максимума; примеры решения задач оптимального управления двойственным методом.				
<b>Тема 12. Достаточные условия оптимальности.</b> Синтез оптимального управления, метод Беллмана.	8	0	2	6
<b>Тема 13. Оптимальное управление</b> и моделирование биологии, медицины, экономики.	8	0	2	6
<b>Тема 14. Численные методы решения задач оптимального управления.</b> Метод динамического программирования, схема Беллмана.	8	0	4	4
<b>ИТОГО</b>	108	20	30	58

### **III. Образовательные технологии**

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании аудиторных занятий и различных форм самостоятельной работы студентов.

Также на занятиях практикуется самостоятельная работа студентов, выполнение заданий в малых группах, письменные работы, моделирование дискуссионных ситуаций, работа с раздаточным материалом, привлекаются ресурсы сети INTERNET. Курс предусматривает выполнение контрольных и самостоятельных работ, письменных домашних заданий. В качестве форм контроля используются различные варианты взаимопроверки и взаимоконтроля.

Интерактивное взаимодействие студентов с одной стороны и преподавателя с другой, а также студентов между собой и с преподавателем во время практических занятий.

#### ***Образовательные технологии***

1. Дискуссионные технологии
2. Информационные (цифровые)
3. Технологии развития критического мышления

### *Современные методы обучения*

1. Активное слушание
2. Лекция (традиционная)

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

### *1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации*

#### **Типовые задачи**

1. Дана задача нелинейного программирования. Решить ее методом множителей Лагранжа и проиллюстрировать решение графически.
2. Дана задача нелинейного программирования и несколько векторов. Используя необходимые условия оптимальности, проверить, какая из точек может быть точкой локального минимума.
3. Дана дискретная задача оптимального управления. Решить ее с помощью необходимых условий оптимальности (правила множителей Лагранжа).
4. Дана дискретная задача оптимального управления. Решить ее с помощью схемы Беллмана.
5. Дана классическая задача вариационного исчисления. Найти допустимые экстремали.
6. Дана задача Больца. Найти допустимые экстремали.
7. Дана изопериметрическая задача. Найти допустимые экстремали.
8. Дана вариационная задача смешанного вида. Найти допустимые экстремали.
9. Дана непрерывная задача оптимального управления. Решить ее с помощью принципа максимума.
10. Дана непрерывная задача оптимального управления. Решить ее с помощью метода Гамильтона-Якоби.
11. Дана непрерывная задача оптимального управления. Решить ее с помощью метода Беллмана.
12. Дана задача вариационного исчисления. Записать ее в виде задачи оптимального управления и решить с помощью принципа максимума.
13. Дана задача вариационного исчисления. Записать ее в виде задачи оптимального управления и решить с помощью метода Гамильтона-Якоби.
14. Дана задача вариационного исчисления. Записать ее в виде задачи оптимального управления и решить с помощью метода Беллмана.

## Контрольная работа

1. Дана задача нелинейного программирования. Проверить ее на выпуклость. Если задача является выпуклой, то решить ее по теореме Куна – Таккера и проверить седловое соотношение. Если задача не является выпуклой, то решить ее методом множителей Лагранжа. Проиллюстрировать решение графически.
2. Дана задача линейного программирования. Построить для нее двойственную задачу. Обе задачи – прямую и двойственную – решить симплекс-методом. Сравнить значения задач. Свести каждую из задач (если возможно) к двумерной ЗЛП и решить ее геометрически. Сравнить решения, полученные симплекс-методом и геометрическим способом.
3. Дана задача нелинейного программирования. Решить ее методом штрафных функций с заданной точностью, используя на каждой итерации метод градиентного спуска с дроблением шага спуска или метод наискорейшего спуска.
4. Дана дискретная задача оптимального управления. Решить ее с помощью необходимых условий оптимальности (правила множителей Лагранжа).
5. Дана дискретная задача оптимального управления. Решить ее с помощью схемы Беллмана.

### 2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Планируемый образовательный результат (компетенция, индикатор)	Типовые контрольные задания	Критерии оценивания и шкала оценивания
<p>УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p> <p>УК-2.1 Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними</p> <p>УК-2.3 Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений,</p>	<p>1. <i>Реферат по теме «Использование на практике математических алгоритмов, в том числе с применением современных вычислительных систем».</i></p> <p>2. Дана задача нелинейного программирования. Решить ее методом множителей Лагранжа и проиллюстрировать решение графически.</p>	<p>1. Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 26–40 баллов В решении имеются лишние или неверные записи, не отделенные от решения – 10–25 баллов Решение не дано или дано неверное решение – 0-9 баллов</p> <p>2. • <i>Оригинальность текста составляет свыше 75% - 3 балла</i> <i>Оригинальность текста составляет 50-74 % - 2 балла</i> • Оригинальность текста составляет 25-49 % - 1 балл • Оригинальность текста составляет менее 25% - 0 баллов • привлечены ли наиболее известные работы по теме исследования (в т.ч. публикации</p>



<p><i>действующих правовых норм</i></p> <p><i>2.4 Выполняет задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректирует способы решения задач</i></p>		<p>последних лет) – 2 балла</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• реферат опирается на учебную литературу и/ или устаревшие издания – 1 балл</li> <li>• Отражение в плане ключевых аспектов темы – 2 балла;</li> <li>• Фрагментарное отражение ключевых аспектов темы – 1 балл;</li> <li>• Полное соответствие содержания теме и плану реферата – 2 балла;</li> <li>• Частичное соответствие содержания теме и плану реферата – 1 балла;</li> <li>• сопоставление различных точек зрения по одному вопросу (проблеме) – 1 балла;</li> <li>• Все представленные выводы обоснованы – 2 балла;</li> <li>• Аргументирована часть выводов – 1 балл.</li> <li>• верно оформлены ссылки на используемую литературу – 1 балл</li> <li>• соблюдены правила орфографической, пунктуационной, стилистической культуры – 1 балл;</li> <li>• соблюдены требования к объёму реферата – 1 балл.</li> </ul>
<p>ОПК-2 Способен разрабатывать, анализировать и внедрять новые математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении</p> <p><i>ОПК-2.1 Строит типовые математические модели, применяя стандартные приемы и методы</i></p> <p><i>ОПК-2.2 Исследует новые математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении</i></p>	<p>1. Как в общем виде формулируется задача линейного программирования.</p> <p>2. Дана задача нелинейного программирования и несколько векторов. Используя необходимые условия оптимальности, проверить, какая из точек может быть точкой локального минимума.</p>	<p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 26–50 баллов</p> <p>В решении имеются лишние или неверные записи, не отделенные от решения – 10–25 баллов</p> <p>Решение не дано или дано неверное решение – 0-9 баллов</p>

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 1) Рекомендуемая литература

#### а) Основная литература:

1. Абдрахманов, В. Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания : учебное пособие / В. Г. Абдрахманов, А. В. Рабчук. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 112 с. — ISBN 978-5-8114-1630-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211535>
2. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1887-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212129>
3. Васильев Ф. П. Методы оптимизации: Конечномерные задачи оптимизации. Принцип максимума. Динамическое программирование. - Москва: МЦНМО, 2011. - 620 с. - Электронный ресурс. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63313>

#### б) Дополнительная литература:

Пантелеев, А. В. Методы оптимизации. Практический курс : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - Москва : Логос, 2020. - 424 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-540-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1212440>

### 2) Программное обеспечение

Google Chrome	бесплатное ПО
Яндекс Браузер	бесплатное ПО
Kaspersky Endpoint Security 10	акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE	бесплатное ПО
ОС Linux Ubuntu	бесплатное ПО

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

№ п/п	Вид информационного ресурса, наименование информационного ресурса	Адрес (URL)
1	ЭБС «ZNANIUM.COM»	<a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>
2	ЭБС «ЮРАИТ»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>

3	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	<a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
4	ЭБС IPR SMART	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
5	ЭБС «ЛАНЬ»	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>
6	ЭБС ТвГУ	<a href="http://megapro.tversu.ru/megapro/Web">http://megapro.tversu.ru/megapro/Web</a>
7	Репозиторий ТвГУ	<a href="http://eprints.tversu.ru">http://eprints.tversu.ru</a>
8	Ресурсы издательства Springer Nature	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
9	СПС КонсультантПлюс (в сети ТвГУ)	

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

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

Для освоения содержания дисциплины студентам необходимо по лекциям и учебным пособиям освоить теорию, и с использованием этой теории научиться решать задачи. Примеры решения задач также приводятся в учебных пособиях.

Студент может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать знания, умения и навыки в своей практической деятельности при выполнении следующих условий:

- систематическая работа на учебных занятиях под руководством преподавателя и самостоятельная работа по закреплению полученных навыков;
- добросовестное выполнение заданий преподавателя на практических занятиях;
- сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам;
- периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области оптимального управления;
- разработка предложений преподавателю в части доработки и совершенствования учебного курса;
- подготовка научных статей для публикации в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях.

### **Учебная программа**

1. Конечномерные экстремальные задачи. Элементы дифференциального исчисления и выпуклого анализа, гладкие задачи с равенствами; правило множителей Лагранжа, задачи нелинейного программирования и проблемы

экономики. Элементы выпуклого программирования, теорема Куна - Таккера, теорема двойственности.

2. Дискретные задачи оптимального управления. Дискретный управляемый процесс; необходимые условия оптимальности для дискретного управляемого процесса; расчетные формулы для построения численных алгоритмов; примеры управляемых моделей из области экологии.

3. Элементы линейного программирования. Задача линейного программирования; геометрическая интерпретация; методы решения задач линейного программирования; симплекс-метод; элементы теории двойственности.

4. Численные методы решения конечномерных экстремальных задач. Методы решения задач без ограничения, градиентные методы; методы Ньютона; методы сопряженных направлений. Методы решения задач условной минимизации, теоремы о проекциях, метод штрафных функций.

5. Классическое вариационное исчисление. Классическая задача вариационного исчисления; уравнение Эйлера; условия второго порядка Лежандра и Якоби. Задача Больца, условия трансверсальности. Задачи классического вариационного исчисления с ограничениями; необходимые условия в изопериметрической задаче и задаче со старшими производными. Классическое вариационное исчисление и естествознание.

6. Оптимальное управление и принцип максимума. Элементарная задача оптимального управления. Задача оптимального управления; принцип максимума Понтрягина; краевая задача принципа максимума; оптимальное управление и задачи техники; связь между оптимальным управлением и классическим вариационным исчислением.

7. Достаточные условия оптимальности в задачах оптимального управления. Представление минимизируемого функционала; неравенство Гамильтона - Якоби; теорема о достаточных условиях оптимальности; задача оптимального управления, линейная относительно фазовых координат; синтез оптимального управления, метод Беллмана; связь достаточных условий с принципом максимума; примеры решения задач оптимального управления двойственным методом. Оптимальное управление и моделирование биологии, медицины, экономики.

8. Численные методы решения задач вариационного исчисления и оптимального управления. Динамическое программирование. Схема Беллмана.

## Вопросы к зачету

1. Конечномерная гладкая задача оптимизации (условная и безусловная минимизация), определение локального и глобального минимумов. Необходимые и достаточные условия экстремума в задаче безусловной минимизации.
2. Постановка задачи нелинейного программирования. Метод множителей Лагранжа в конечномерной гладкой задаче с ограничениями типа равенств и неравенств.
3. Геометрическое решение конечномерной задачи минимизации. Геометрический смысл регулярного и нерегулярного решения.
4. Выпуклые множества и функции. Экстремальные свойства выпуклых функций. Задача выпуклого программирования. Теорема Куна – Таккера.
5. Седловая точка функции Лагранжа. Критерий седловой точки. Достаточное условие оптимальности.
6. Элементы теории двойственности в нелинейном программировании (НП). Прямая и двойственная задачи НП. Неравенство двойственности.
7. Критерий существования решения прямой и двойственной задач нелинейного программирования. Следствия. Выпуклость двойственной задачи.
8. Постановки задачи линейного программирования (ЗЛП). Двойственность в линейном программировании. Существование решения ЗЛП.
9. Постановка классической (простейшей) задачи вариационного исчисления (КЗВИ). Определение слабого локального минимума. Основная лемма вариационного исчисления (с доказательством). Задача о брахистохроне.
10. Необходимые условия слабого минимума первого порядка в КЗВИ в терминах первой вариации функционала и уравнение Эйлера - Лагранжа. Одномерный (с доказательством) и n-мерный случаи.
11. Необходимые условия слабого минимума второго порядка в КЗВИ в терминах второй вариации функционала и условие Лежандра. Одномерный и n-мерный случаи. Интегралы уравнения Эйлера – Лагранжа.
12. Задача Больца. Необходимые условия слабого минимума первого порядка (с доказательством): уравнение Эйлера – Лагранжа, условия трансверсальности. Вариационная задача смешанного типа, необходимые условия оптимальности.
13. Изопериметрическая задача вариационного исчисления (ИЗВИ). Задача Дидоны. Необходимые условия слабого минимума первого порядка в ИЗВИ (с доказательством).
14. Необходимые условия оптимальности первого порядка в изопериметрической задаче с функционалом типа Больца, ИЗВИ

- смешанного типа и ИЗВИ с интегральными ограничениями вида неравенств (идеи доказательств).
15. Задача вариационного исчисления со старшими производными. Уравнение Эйлера – Пуассона (идея доказательства).
  16. Сильный локальный минимум в КЗВИ. Функция Вейерштрасса. Необходимое условие сильного локального минимума (условие Вейерштрасса), его геометрический смысл. Вывод условия Вейерштрасса с помощью принципа максимума.
  17. Элементарная задача оптимального управления. Критерий оптимальности (с доказательством).
  18. Постановка задачи оптимального управления (ЗОУ). Определение допустимого процесса, оптимального решения.
  19. Формулировка принципа максимума для ЗОУ (случаи свободных и закрепленных концов).
  20. Краевая задача принципа максимума.
  21. Метод множителей Лагранжа для ЗОУ со свободным правым концом (эвристический подход к выводу условий теоремы Принцип максимума).
  22. Вывод необходимых условий локального минимума для КЗВИ на основе принципа максимума Понтрягина.
  23. Использование принципа максимума Понтрягина для получения необходимых условий слабого минимума в задаче Больца.
  24. Использование принципа максимума Понтрягина для получения необходимых условий слабого минимума в изопериметрической задаче.
  25. Эквивалентное представление функционала в ЗОУ. Физический смысл сопряженных переменных. Производные функционала по начальному и конечному моментам времени.
  26. Задача оптимального управления с нефиксированными моментами времени. Вывод условий трансверсальности для начального и конечного моментов времени. Задача быстрогодействия, условия трансверсальности для этой задачи.
  27. Учет граничных условий и фазовых ограничений в ЗОУ методом штрафных функций. Идея метода штрафных функций.
  28. Принцип оптимальности Беллмана для непрерывной ЗОУ. Управление-синтез, усеченная задача, функция Беллмана.
  29. Уравнение Беллмана для непрерывной ЗОУ, условия трансверсальности. Теорема о достаточном условии оптимальности синтеза. Алгоритм построения оптимального процесса на основе оптимального синтеза.
  30. Достаточные условия оптимальности в форме Гамильтона - Якоби для непрерывной ЗОУ с фазовыми ограничениями. Эквивалентное представление минимизируемого функционала.

31. Двойственность в оптимальном управлении. Определение двойственного функционала и двойственной задачи для ЗОУ. Проверка выполнения неравенства двойственности.
32. Теорема Гамильтона - Якоби. Доказательство теоремы Гамильтона - Якоби с помощью понятия двойственности. Получение условий трансверсальности.
33. Дискретная аппроксимация непрерывной ЗОУ. Необходимые условия оптимальности. Предельный переход в условиях оптимальности.
34. Методы градиентного спуска и проекции градиента для задачи нелинейного программирования. Вычисление проекции точки на множества (параллелепипедное, гиперплоскость, полупространство, шар, симплекс).
35. Алгоритм решения дискретной задачи оптимального управления методом градиентного спуска (проекции градиента) с дроблением шага спуска. Обоснование использования алгоритма.
36. Алгоритм решения дискретной задачи оптимального управления методом последовательных приближений. Обоснование использования алгоритма.
37. Динамическое программирование. Постановка ДЗОУ. Усеченная задача. Функция Беллмана. Принцип перехода и принцип оптимальности.
38. Метод динамического программирования. Схема Беллмана. Управление-синтез. Проблема синтеза.

### **Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Организуя свою учебную работу, студенты должны:

*Во-первых*, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д.

*Во-вторых*, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

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 лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту.

**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 лекционных занятий.

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

**6. Подготовка к зачету.** При подготовке к зачету студенты должны использовать как самостоятельно подготовленные конспекты, так и материалы, полученные в ходе занятий.

Качество усвоения студентом каждой дисциплины оценивается по 100-балльной шкале.

Интегральная рейтинговая оценка (балл) по каждому (периоду обучения) складывается из оценки текущей работы студентов на семинарских и практических занятиях, выполнения индивидуальных творческих заданий и др. и оценки за выполнение студентом учебного задания при рейтинговом контроле успеваемости. При этом доля баллов, выделенных на рейтинговый контроль не должна превышать 50% общей суммы баллов данного модуля (периода обучения).

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся зачетом, по итогам семестра составляет 100 баллов (50 баллов – 1-й модуль и 50 баллов – 2-й модуль).



Студенту, набравший 40 баллов и выше по итогам работы в семестре, в экзаменационной ведомости и зачетной книжке выставляется оценка «зачтено». Студенту, набравшему до 39 баллов включительно, сдает зачет,

Согласно подходам балльно-рейтинговой системы в рамках оценки знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности дисциплины установлены следующие аспекты:

- Содержание учебной дисциплины в рамках одного семестра делится на два модуля (периода обучения). По окончании модуля (периода обучения) осуществляется рейтинговый контроль успеваемости знаний студентов.

- Сроки проведения рейтингового контроля:

*осенний семестр* – I рейтинговый контроль успеваемости проводится согласно графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости - две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса;

*весенний семестр* – I рейтинговый контроль успеваемости проводится согласно графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости - две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса.

## VII. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Лаборатория компьютерной безопасности кафедры компьютерной безопасности и математических методов управления: <b>№ 203а</b> (170002 Тверская обл., г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)</p>	<p>Комплект учебной мебели, источник бесперебойного питания 5 шт., коммутатор, компьютер (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) 7 шт., копр-принтер-сканер 2 шт., плеер combo, телевизор, экран настенный, учебный лабораторный стенд для изучения основ криптографии, исполнение блочное ВCRYPTO, учебно-лабораторный стенд для изучения блочного кодирования ЗИ-БК.</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**

<b>№ п.п.</b>	<b>Обновленный раздел рабочей программы дисциплины</b>	<b>Описание внесенных изменений</b>	<b>Дата и № протокола заседания кафедры / методического совета факультета, утвердившего изменения</b>
1.	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	1) Рекомендуемая литература – актуализация списка	Решение научно-методического совета математического факультета (протокол №1 от 20.09.2022 г.)
2.	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	1) Рекомендуемая литература – актуализация списка	Решение научно-методического совета математического факультета (протокол №1 от 19.09.2023 г.)