

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
системного анализа и управления  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины  
 Курбатов В.Г.  
подпись, расшифровка подписи  
\_22\_03\_2024\_г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.04 Управление колебаниями

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

01.04.02м Прикладная математика и информатика

**2. Профиль подготовки/специализация:** Компьютерные технологии в задачах математической физики, оптимизации и управления

**3. Квалификация выпускника:** Магистр

**4. Форма обучения:** Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Системного анализа и управления

**6. Составители программы:** Коструб Ирина Дмитриевна, к.ф.м.н., доцент

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом факультета прикладной математики, информатики и механики (протокол №7 от 26.05.2023)

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,*

*отметки о продлении вносятся вручную)*

**8. Учебный год:2024/2025**

**Семестр(ы):3**

## **9. Цели и задачи учебной дисциплины**

**Целями освоения учебной дисциплины являются:** Целью изучения дисциплины является выработка способности использовать современные математические и компьютерные методы в задачах математической физики, оптимизации и оптимального управления; способности использовать в прикладных разработках знания из области прикладной математики, информатики и информационных технологий, современные языки программирования и методы параллельной обработки данных.

**Задачи учебной дисциплины:** Основными задачами изучения дисциплины является закрепление у студентов навыков и умений использовать современные научноемкие технологии и пакеты прикладных программ для решения задач анализа динамических систем, задач математической физики, оптимизации и оптимального управления; нахождения оптимального способа управления прикладными процессами; грамотного использования информации о: методах и приемах формализации задач; методах и приемах алгоритмизации поставленных задач; стандартных алгоритмах и областях их применения; нормативно-технических документах по процессам управления изменениями и проблемами.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1; для её успешного освоения требуется знание основных разделов курса математического анализа, линейной алгебры, аналитической геометрии, функционального анализа, методов оптимизации, численных методов.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
<b>ПК-3</b>	Способен обрабатывать, интерпретировать, оформлять и представлять профессионально му обществу результаты проведенных исследований	<b>ПК-3.2</b>	Интерпретирует полученные результаты исследований, делает выводы, разрабатывает рекомендации	<b>Знать:</b> методы и приемы формализации задач; методы и приемы алгоритмизации поставленных задач. <b>Уметь:</b> обрабатывать, интерпретировать, оформлять и представлять профессиональному обществу результаты проведенных исследований <b>Владеть:</b> способами интерпретации полученных результатов исследований.
<b>ПК-4</b>	Способен использовать современные математические и компьютерные методы в задачах математической физики, оптимизации и оптимального управления	<b>ПК-4.2.</b>	Находит оптимальный способ управления прикладными процессами.	<b>Знать:</b> современные ИС, технологии и пакеты прикладных программ для решения задач анализа динамических систем, задач математической физики, оптимизации и оптимального управления <b>Уметь:</b> находить оптимальный способ управления прикладными процессами. <b>Владеть:</b> правильными способами выбирать алгоритм и средства его реализации при решении задач управления и оптимизации
<b>ПК-5</b>	Способен использовать в прикладных	<b>ПК-5.1.</b>	Грамотно использует информацию о:	<b>Знать:</b> методы и приемы формализации задач; методы и приемы алгоритмизации поставленных задач; стандартные алгоритмы

разработках знания из области прикладной математики, информатики и информационных технологий, современные языки программирования и методы параллельной обработки данных		методах и приемах формализации задач; методах и приемах алгоритмизации поставленных задач; стандартных алгоритмах и областях их применения; нормативно-технических документах процессам управления изменениями проблемами.	и областью их применения; нормативно-технические документы по процессам управления изменениями и проблемами <b>Уметь:</b> использовать методы параллельной обработки данных, информацию о: методах и приемах формализации задач; методах и приемах алгоритмизации поставленных задач; стандартных алгоритмах и областях их применения; нормативно-технических документах по процессам управления изменениями и проблемами. <b>Владеть:</b> языками программирования и другими компьютерными средствами для решения конкретных задач.
---	--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 3 / 108.**

**Форма промежуточной аттестации**(зачет/экзамен) зачет

### **13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	№ семестра	...
Аудиторные занятия				
в том числе:	лекции	32	3	
	практические	16	3	
	лабораторные			
Самостоятельная работа	60	3		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен — <u>час.</u> )				
<b>Итого:</b>	<b>108</b>			

#### **13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Принцип максимума Понtryгина	Понятие динамической системы, их классификация по виду мат.моделей. Принцип максимума Понtryгина: необходимое условие оптимальности. Принцип максимума в задаче о быстродействии. Принцип максимума для неавтономных систем. Задача с подвижными концами. Условия трансверсальности.	Управление колебаниями _01.04.02м
1.2	Метод динамического программирования.	Принцип оптимальности Беллмана. Задача с фиксированным временем и свободным правым концом траектории. Задача с закрепленным концом траектории и свободным временем. Достаточные	Управление колебаниями _01.04.02м

		условия оптимальности.	
1.3	Связь методов оптимального управления.	Связь принципа максимума с методом динамического программирования. Связь методов оптимального управления с вариационным исчислением.	Управление колебаниями _01.04.02м
1.4	Вариационные задачи теории оптимального управления.	О вариационных задачах управления движением. Постановка вариационных задач управления движением. Вариация функционала. Необходимые условия сильного экстремума. Условие экстремальности при сильной вариации управления. Оптимальное гашение колебаний.	Управление колебаниями _01.04.02м
1.5	Вариационная задача Майера-Больца оптимизации процессов управления.	Постановка задачи. Необходимые условия стационарности функционала. Каноническая система и принцип максимума.	Управление колебаниями _01.04.02м
1.6	Необходимые условия оптимизации в вариационных задачах управления.	Постановка задачи. Условие стационарности функционала. Необходимое условие Вейерштрасса. Необходимое условие Клебша. Необходимое условие Якоби.	Управление колебаниями _01.04.02м
1.7	Оптимальное управление регулярными интегральными системами.	Необходимые условия оптимальности. Достаточное условия оптимальности. Линейное уравнение Вольтерра. Модельные примеры. Задача о предельном быстродействии. Задача Понтрягина. Задача о минимизации рассеиваемой энергии. Задача об оптимальном управлении расходом топлива.	Управление колебаниями _01.04.02м

## 2. Практические занятия

2.1	Принцип максимума Понтрягина	Принцип максимума Понтрягина: необходимое условие оптимальности. Принцип максимума в задаче о быстродействии. Принцип максимума для неавтономных систем. Задача с подвижными концами. Условия трансверсальности.	Управление колебаниями _01.04.02м
2.2	Метод динамического программирования.	Принцип оптимальности Беллмана. Задача с фиксированным временем и свободным правым концом траектории. Задача с закрепленным концом траектории и свободным временем	Управление колебаниями _01.04.02м
2.3	Связь методов оптимального управления.	Связь принципа максимума с методом динамического программирования. Связь методов оптимального управления с вариационным исчислением.	Управление колебаниями _01.04.02м
2.4	Вариационные задачи теории оптимального управления.	О вариационных задачах управления движением. Условие экстремальности при сильной вариации управления. Оптимальное гашение колебаний.	Управление колебаниями _01.04.02м
2.5	Вариационная задача Майера-Больца оптимизации процессов управления.	Постановка задачи. Необходимые условия стационарности функционала. Каноническая система и принцип максимума.	Управление колебаниями _01.04.02м
2.6	Необходимые условия оптимизации в вариационных задачах управления.	Постановка задачи. Условие стационарности функционала. Необходимое условие Вейерштрасса. Необходимое условие Клебша. Необходимое условие Якоби.	Управление колебаниями _01.04.02м
2.7	Оптимальное управление регулярными интегральными системами.	Модельные примеры: Задача о предельном быстродействии; Задача Понтрягина; Задача о минимизации рассеиваемой энергии; Задача об оптимальном управлении расходом топлива.	Управление колебаниями _01.04.02м

## 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Принцип максимума Понтрягина	4	2		8	14
2.	Метод динамического	4	2		8	14

	программирования.					
3.	Связь методов оптимального управления.	2	2		10	14
4.	Вариационные задачи теории оптимального управления.	6	2		8	16
5.	Вариационная задача Майера-Больца оптимизации процессов управления.	4	2		8	14
6.	Необходимые условия оптимизации в вариационных задачах управления.	6	3		9	18
7.	Оптимальное управление регулярными интегральными системами.	6	3		9	18
	Итого:	32	16	-	60	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Подготовка к лекциям.** Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять глубинные процессы развития изучаемого предмета как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

**Подготовка к практическим занятиям.** Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в гlosсарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

**Рекомендации по работе с литературой.** Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

При работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
  - обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
  - фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
  - готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
  - работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
  - пользоваться реферативными и справочными материалами;
  - контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
  - обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам;
  - пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
  - использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;
  - повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
  - обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
- использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

**Подготовка к промежуточной аттестации.** При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;

- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

## **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<u>Пиралишвили Ш.А., Колебания и волны: Учебное пособие / Пиралишвили Ш.А., Каляева Н.А., Полкова Е.А.</u> . — 1-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2022 .— 132 с. : ил .— Библиогр.: с.132 .— ISBN 978-5-8114-9748-5
2	<u>Суханов, И.И. Колебания и волны: Учебное пособие / , И.И Суханов, В. Ф. Ким, Э. А. Кошелев</u> Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2022 .— 67 с. : ил .— Библиогр.: с.66 .— ISBN 978-5-7782-4742-0

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	<u>Яблонский, А.А. Курс теории колебаний : Учебное пособие / А.А. Яблонский, С.С. Норейко .— 4-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2003 .— 247,[1] с. : ил .— Библиогр.: с.246 .— ISBN 5-8114-0519-7.</u>
2	<u>Камачкин, А.М. Модели колебаний в нелинейных системах / А.М. Камачкин, С.Е. Михеев, В.В. Евстафьев ; С.-Петерб. гос. ун-т .— СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004 .— 191, [2] с. — Библиогр.: с.188-192 .— ISBN 5-288-02871-0.</u>
3	<u>Коструб И.Д. Ограниченные решения нелинейных векторно-матричных дифференциальных уравнений n-го порядка : монография / А.И. Перов, И.Д. Коструб .— Воронеж : Научная книга, 2013 .— 227 с.</u>
4	<u>Коструб И.Д. Признаки устойчивости периодических решений систем дифференциальных уравнений, основные на теории внедиагонально неотрицательных матриц : учебное пособие / А.И. Перов, И.Д. Коструб .— Воронеж : Научная книга, 2015 .— 123 с.</u>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<u>Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. — Режим доступа: <a href="http://www.ru/lib.vsu.ru">http://www.ru/lib.vsu.ru</a></u>
2.	<u>Управление колебаниями_01.04.02м / И.Д. Коструб. — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.moodle.ru">https://edu.moodle.ru</a>.</u>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

## **16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	<u>Коструб И.Д. Метод замороженных коэффициентов : учебное пособие / А. И. Перов, И. Д. Коструб .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 45 с.</u>
2	<u>Управление колебаниями_01.04.02м / И.Д. Коструб. — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.moodle.ru">https://edu.moodle.ru</a>.</u>

## **17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Управление колебаниями\_01.04.», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

---

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** Учебная аудитория для проведения занятий: специализированная мебель, доска (маркерная или меловая) 394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. 226, 227, 319, 321, 323, 329, 428, 430, 433, 435

## **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенции(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Принцип максимума Понтрягина	ПК-3, ПК-4, ПК-5	ПК-3.2. ПК-4.2. ПК-5.1.	Собеседования по темам
2.	Метод динамического программирования.	ПК-3, ПК-4, ПК-5	ПК-3.2. ПК-4.2. ПК-5.1.	Собеседования по темам
3.	Связь методов оптимального управления.	ПК-3, ПК-4, ПК-5	ПК-3.2. ПК-4.2. ПК-5.1.	Собеседования по темам
4.	Вариационные задачи теории оптимального управления.	ПК-3, ПК-4, ПК-5	ПК-3.2. ПК-4.2. ПК-5.1.	Собеседования по темам контрольная
5.	Вариационная задача Майера-Больца оптимизации процессов управления.	ПК-3, ПК-4, ПК-5	ПК-3.2. ПК-4.2. ПК-5.1.	Собеседования по темам
6.	Необходимые условия оптимизации в вариационных задачах управления.	ПК-3, ПК-4, ПК-5	ПК-3.2. ПК-4.2. ПК-5.1.	Собеседования по темам
7.	Оптимальное управление регулярными интегральными системами.	ПК-3, ПК-4, ПК-5	ПК-3.2. ПК-4.2. ПК-5.1.	Собеседования по темам контрольная
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Перечень вопросов см. ниже.

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### **П.1: Перечень вопросов для собеседования по дисциплине**

- 1.Механические колебательные системы с дефицитом управления
- 2.Примеры механических колебательных систем с дефицитом управления
3. За счет чего достигается требуемое изменение неуправляемых степеней свободы в механических колебательных системах с дефицитом управления
- 4.В рамках чего ставится и исследуется проблема оптимального управления
- 5.Что входит в уравнения движения механических систем?
- 6.Где рационально применить методы оптимизации управления

7. Поясните выражение: придать динамической системе свойство грубоści.

8. При всяком ли изменении параметра грубоść динамической системы сохраняется?

9. Простейший вид непрерывных динамических систем с конечномерным фазовым пространством

10. Чем определяется поведение динамических систем на прямой

11. Какие системы называются консервативными?

#### *Описание технологии проведения*

Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

#### *Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)*

**Оценка «5» (отлично)** выставляется, если обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

**Оценка «4» (хорошо)** выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по разделу; не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые преподавателем вопросы или затрудняется с ответом; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

## **П.2 . Контрольная работа**

### **Вариант 1** **Выполнить следующие задания**

1. В чем состоит общий смысл принципа максимума Понтрягина?
2. В чем состоит общий смысл принципа максимума в задаче о быстродействии?
3. В чем состоит общий смысл принципа максимума для неавтономных систем?
4. Сформулируйте условия трансверсальности в оптимальной задаче с подвижными концами.

## **Контрольная работа**

### **Выполнить следующие задания**

### **Вариант 1**

1. В чем состоит смысл метода множителей Лагранжа?
2. Запишите уравнения Эйлера-Лагранжа.
3. **Решить задачу**

$$J(x, \dot{x}) = \int_0^{7\pi/4} (x \sin t) dt \rightarrow \inf, |\dot{x}| \leq 1, x(0) = 0.$$

#### **Задание**

1. Сформулируйте принцип оптимальности Беллмана.
2. Запишите уравнение Беллмана в задаче с фиксированным временем и свободным правым концом траектории.
3. Сформулируйте задачу оптимального управления с закрепленным концом траектории и свободным временем.
4. В чем состоит смысл теоремы Болтянского для непрерывных управляемых систем?

Текущая аттестация проводится на занятии одновременно во всей учебной группе в виде написания письменной работы. Ограничение по времени на работу — 1час 35 минут»

Для оценивания результатов обучения используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

**Оценка «отлично»** выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы; выполнил все задания и задачи полностью без ошибок и недочетов; строго соблюдает требования при оформлении работы; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

**Оценка «хорошо»** выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; выполнил все задания и задачи полностью, но при наличии в их решении не более одной грубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов; строго соблюдает требования при оформлении работы; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций; выполнил не менее 2/3 всех предложенных заданий и задач или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трех недочетов, при наличии четырех-пяти недочетов; допускает незначительные ошибки при оформлении работы; подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; если число ошибок и недочетов в работе превысило норму для оценки 3 или обучающийся выполнил правильно менее 2/3 всех заданий и задач; допускает грубые ошибки при оформлении работы; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

## **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: контрольная работа (см. п.20.1), собеседование по вопросам к зачету.

## **Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ**

1. Принцип максимума Понтрягина: необходимое условие оптимальности.
2. Принцип максимума в задаче о быстродействии.
3. Принцип максимума для неавтономных систем.
4. Задача с подвижными концами. Условия трансверсальности.
5. Принцип оптимальности Беллмана.
6. Задача с фиксированным временем и свободным правым концом траектории.
7. Задача с закрепленным концом траектории и свободным временем. Достаточные условия оптимальности.
8. Связь принципа максимума с методом динамического программирования.
9. Связь методов оптимального управления с вариационным исчислением.
10. Постановка вариационных задач управления движением. Вариация функционала.
11. Необходимые условия сильного экстремума.
12. Условие экстремальности при сильной вариации управления.
13. Оптимальное гашение колебаний.
14. Каноническая система и принцип максимума.
15. Необходимое условие Вейерштрасса.
16. Необходимое условие Клебша.
17. Необходимое условие Якоби.
18. Условие стационарности функционала.
19. Необходимые условия оптимальности.
20. Достаточное условие оптимальности.
21. Линейное уравнение Вольтерра.
22. Примеры: Задача о предельном быстродействии. Задача Понтрягина. Задача о минимизации рассеиваемой энергии. Задача об оптимальном управлении расходом топлива.

**Описание технологии проведения.** Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

### **Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)**

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели: 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом; 2) умение связывать теорию с практикой; 3) умение применять приобретенные навыки, решать предложенные задачи; 4) владение различными методами решения задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен применять теоретические знания для решения практических задач.	Повышенный уровень. Базовый уровень. Пороговый уровень.	Зачтено
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен решать задачи, но, допускает ошибки.		
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен решать задачи, допускает много ошибок.		
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет решать задачи.		Незачет

**20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ**

### Вопросы с вариантами ответов

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл
Неверный ответ	0 баллов

1. Методы нулевого порядка используют в процессе оптимизации:

- а) Все методы нулевого порядка используют в процессе оптимизации значения производных первого, второго или n-го порядков.
- б) Все методы нулевого порядка используют в процессе оптимизации только значения функции в области значений и значения аргумента в области определения; они не используют значения производных первого, второго или n-го порядков.
- в) Все методы нулевого порядка используют в процессе оптимизации значения производных первого порядка.
- г) Все методы нулевого порядка используют в процессе оптимизации значения производных первого, второго порядков.

Ответ: б)

2. Накладывает ли на функцию какие-то требования применение методов нулевого порядка?

- а) Никаких требований не предъявляется.
- б) От функции требуется удовлетворение определенным условиям: унимодальность непрерывной выпуклой функции для метода дихотомии или метода деления отрезка области определения в отношении «золотого сечения».
- в) Возможно, что функция удовлетворяет каким-то условиям, но это не обязательное требование.

Ответ: б)

3. По каким принципам разделяются на подклассы методы одномерной оптимизации?

- а) Использование в процессе поиска экстремума информации о самой функции, так как в ряде задач целевая функция задана таким образом, что точных значений производных найти нельзя (только оценить).
- б) Использование в процессе поиска экстремума информации о самой функции или ее производных.
- в) По виду целевой функции (методы решения одно- и многоэкстремальных задач).

Ответ: а), б), в)

4. Методы одномерной оптимизации без использования информации о производной функции – это:

- а) Методы последовательного поиска (методы интервалов). Метод дихотомии.
- б) Метод золотого сечения. Метод Фибоначчи.
- в) Методы последовательного поиска (методы интервалов). Метод дихотомии. Метод деления пополам. Метод золотого сечения. Метод Фибоначчи.
- г) Методы последовательного поиска (методы интервалов). Метод деления пополам. Метод золотого сечения.

Ответ: в)

5. Накладывает ли на функцию какие-то требования применение методов первого порядка?

- а) Никаких требований не предъявляется.
- б) Методы первого порядка (градиентные) используют информацию о направлении спуска к минимуму по антиградиенту, не настраивая при этом величину шага.
- в) Методы первого порядка (градиентные) требуют существования первой производной оптимизируемой функции для аналитического вида оптимизируемой функции или численном приближённом виде для конечных разностей.

Ответ: б) в)

6. Накладывает ли на функцию какие-то требования применение методов второго порядка?

- а) Методы второго порядка (ニュтонаовские методы) требуют существования первой и второй производной оптимизируемой функции.
- б) Методы второго порядка (ニュтонаовские методы) требуют существования первой и второй производной оптимизируемой в аналитическом или численном приближённом виде.
- в) Никаких требований не предъявляется.

г) Методы второго порядка используют информацию о направлении спуска к минимуму по антиградиенту и информацию о выпуклости функций, настраивая при этом величину шага.

Ответ: а), б), г)

7. Методы одномерной оптимизации с использованием информации о производной – это:

а) Метод средней точки. Метод Ньютона (метод касательной).

Метод кубической аппроксимации.

б) Метод Ньютона (метод касательной). Метод секущей.

Метод кубической аппроксимации.

в) Метод секущей. Метод кубической аппроксимации.

г) Метод средней точки Метод Ньютона (метод касательной) Метод секущей Метод кубической аппроксимации.

Ответ: г)

#### Вопросы с кратким текстовым ответом

Критерий оценивания	Шкала оценок
Должен быть сформулирован ответ из указанных вариантов (один или несколько) или аналогичные по сути ответы с альтернативными терминами и определениями	2 балла
Неверный ответ	0 баллов

2 – верный ответ

0 – неверный ответ

1. Какое соответствие существует между траекториями динамических систем и движениями реальных систем.

Ответ: Неподвижным точкам динамических систем отвечают стационарные состояния реальных систем, периодическим траекториям – периодические движения, а неблуждающим траекториям – движения с некоторым повторением их состояний во времени.

2. Поясните понятие «аттрактора» для систем с диссипацией.

Ответ: Для систем с диссипацией очень естественно различать переходные процессы и установившиеся процессы или режимы. Базовой чертой установившегося процесса является то, что он «забывает» начальное состояние и не зависит от него. Это означает, что после конечного временного интервала, соответствующего переходному процессу, каждая положительная полутраектория попадает в малую окрестность некоторого инвариантного множества – «аттрактора» (от англ. attract – привлекать, притягивать).

3. Какое значение параметра динамической системы называется бифуркационным?

Ответ: Не при всяком изменении параметра грубость динамической системы сохраняется. Можно так поменять параметр, что произойдет принципиальное изменение фазового портрета. Переход от одной грубой динамической системы к другой происходит через негрубую динамическую систему. Значение параметра, при котором динамическая система является негрубой, называется бифуркационным.

#### Описание технологии проведения:

Текущая аттестация проводится на занятиях одновременно во всей учебной группе в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ», адрес курса — <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11130>. Тест составляется из материалов ФОСа, формируется системой автоматически путём добавления случайных вопросов, количество которых соответствует имеющимся образцам билетов. Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только отдельные вопросы, представленные в форме эссе. Ограничение по времени на каждую попытку — 30 минут»