

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*

Задорожний В.Г.

*подпись, расшифровка подписи*

\_\_\_. \_\_\_. 2022 \_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.07 Математические и компьютерные методы оптимального управления**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

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

01.03.02 Прикладная математика и информатика \_\_\_\_\_

**2. Профиль подготовки/специализация:** Динамические системы и управление \_\_\_\_\_

**3. Квалификация выпускника:** Бакалавр \_\_\_\_\_

**4. Форма обучения:** Очная \_\_\_\_\_

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

**6. Составители программы:** Коструб Ирина Дмитриевна, кандидат физ.-мат. наук, доцент \_\_\_\_\_

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом факультета прикладной математики, информатики и механики (протокол №08 от 15.04.2022)

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

\_\_\_\_\_  
*отметки о продлении вносятся вручную)*

**8. Учебный год:** 2022/2023

**Семестр(ы):** 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- изучение современных методов исследования и моделирования информационных процессов и технологий;
- формирование алгоритма исследования слабоуправляемых систем и его применение для решения задачи управления конкретными базовыми моделями для формирования умений и навыков использования современных математических и компьютерных методов, разработки и адаптации алгоритмических и программных решений в задачах анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления.

*Задачи учебной дисциплины:*

- изучение студентами основных положений системного подхода к анализу информационных систем и процессов как объектов моделирования;
- освоение студентами этапов, выполняемых при разработке, реализации и исследовании компьютерных моделей информационных систем и процессов, с формулированием цели и задачи каждого этапа, а также необходимых условий применения различных методов и технологий моделирования;
- обучение студентов выбору подходящего метода моделирования для конкретной информационной системы или процесса с учётом имеющихся целей и задач моделирования;
- ознакомление студентов с современными инструментальными средствами компьютерного моделирования, планирования и проведения экспериментов, а также для выполнения статистической обработки и оценки достоверности результатов моделирования;
- формирование практических навыков использования современных технологий и пакетов прикладных программ для решения задач анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления;
- обучение методам нахождения способов стабилизации управляемых процессов;
- формирование навыков и умений осуществления правильного выбора алгоритма и средств его реализации при решении задач управления и оптимизации;
- формирование практических навыков разработки и реализации математических методов управления и оптимизации.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Блок Б.1, вариативная часть; 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
ПК-4	Способен использовать современные математические и компьютерные методы в задачах анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления	ПК-4.1	Использует современные технологии и пакеты прикладных программ для решения задач анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления.	<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
		ПК-4.2	Находит способы стабилизации управляемых процессов.	
		ПК-4.3	Правильно выбирает алгоритм и средства его реализации при решении задач управления и	

			оптимизации.	
ПК-5	Способен разрабатывать и адаптировать алгоритмические и программные решения для задач анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления	ПК-5.3	Разрабатывает и реализует математические методы управления и оптимизации.	<p><b>Знать:</b> методы и приемы формализации задач; методы и приемы алгоритмизации поставленных задач; стандартные алгоритмы и области их применения; нормативно-технические документы по процессам управления изменениями и проблемами</p> <p><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.</p> <p><b>Владеть:</b> языками программирования и другими компьютерными средствами для решения конкретных задач.</p>

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

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

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	№ семестра	...
Аудиторные занятия	48		7	
в том числе:	лекции	32		7
	практические			
	лабораторные	16		7
Самостоятельная работа	24		7	
в том числе: курсовая работа (проект)			7	
Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час.)	36		7	
Итого:	108		7	

#### 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	Метод малого параметра в задачах оптимального управления	1.Общая постановка задачи оптимального управления. 2.Принцип максимума Понтрягина для неавтономных систем 3.Построение и обоснование алгоритма решения задачи оптимального управления для слабоуправляемых систем	МКМОУ_01.0 3.02
1.2	Задача о полёте на максимальную дальность	1.Базовая модель задачи о полёте на максимальную дальность. 2. Реализация вышеупомянутого алгоритма в	

		задаче о полёте на максимальную дальность. 3. Нахождение оптимальной траектории и оптимального управления.	
1.3	Задача об успокоении твёрдого тела за минимальное время	1.Базовая модель успокоения вращений трёхосного твёрдого тела.(описание параметров). 2.Построение оптимальной траектории.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Метод малого параметра в задачах оптимального управления	Разложение по степеням малого параметра в ряды функций, применяемых в процессе решения задачи. 2.Решение краевой задачи для системы дифференциальных уравнений, объединяющей фазовые и сопряжённые переменные. 3 Вычисление коэффициентов оптимального управления в первом приближении. 4.Вычисление коэффициентов оптимальной траектории в первом приближении (общий случай)	<i>МКМОУ_01.0</i> 3.02
2.2	Задача о полёте на максимальную дальность	1.Приведение базовой модели к нормальному виду с безразмерными переменными. 2.Вычисление оптимального управления и оптимальной траектории в первом вычислении для исследуемой конкретной задачи.	
2.3	Задача успокоения трёхосного твёрдого тела	1.Система уравнений Эйлера. 2.Общее и частное решение невозмущенной системы. 3.Применение эллиптических функций для решения возмущённой системы	
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Задача о полёте на максимальную дальность	1.Знакомство с пакетом Математика. 2.Построение оптимального управления	<i>МКМОУ_01.0</i> 3.02
13. 2	Задача об успокоении твёрдого тела	1.Построение траекторий невозмущенной системы уравнений Эйлера.(плоский случай) 2.Построение фазовых траекторий в трёхмерном пространстве 3.Исследование графиков решений управляемой системы. 4. Исследование зависимости критерия качества от степени возмущения системы.	

*\* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.*

### 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	Метод малого параметра	8		2		10
2	Задаче о полёте на максимальную дальность	12		6		18
3	Задача успокоения твёрдого тела	12		8		20
	Итого:	32		16		48

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

*(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)*

**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 и 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 глоссарий, 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	<i>Обратные задачи и методы их решения: приложения к геофизике / А. Г. Ягола, В. Янфей, И. Э. Степанова, В. Н. Титаренко. – 4-е изд., эл. – Москва : Лаборатория знаний, 2021. – 219 с. : ил., табл., схем., граф. – (Математическое моделирование). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=446071">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=446071</a></i>
2	<i>Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление : практическое пособие : [16+] / А. Пегат ; пер. А. Г. Подвесовский, Ю. В. Тюменцев. – 4-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 801 с. : схем., табл., ил. – (Адаптивные и интеллектуальные системы). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=445832">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=445832</a></i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>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: <a href="https://e.lanbook.com/book/175406">https://e.lanbook.com/book/175406</a></i>
2	<i>Эпштейн, Г. Л. Теория оптимального управления : учебное пособие / Г. Л. Эпштейн, А. П.</i>

Иванова. — Москва : РУТ (МИИТ), 2020. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/175959">https://e.lanbook.com/book/175959</a>
--

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

№ п/п	Ресурс
1.	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. — Режим доступа: <a href="http://www.ru/lib.vsu/ru">http://www.ru/lib.vsu/ru</a>
2.	МКМОУ_01.03.02 / И.Д. Коструб. — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.moodle.ru">https://edu.moodle.ru</a> .

\* 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, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Коструб И.Д. Метод замороженных коэффициентов : учебное пособие / А. И. Перов, И. Д. Коструб. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. — 45 с.
2	МКМОУ_01.03.02 / И.Д. Коструб. — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.moodle.ru">https://edu.moodle.ru</a> .

**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 «МКМОУ\_01.03.02», 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 лекций (394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. 226, 227, 319, 321, 323, 329, 428, 430, 433, 435): специализированная мебель, доска (маркерная или меловая)

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий (394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. 10, 11, 12, 15, 20, 124, 214, 216, 407п): специализированная мебель, персональные компьютеры для индивидуальной работы с возможностью подключения к сети «Интернет», мультимедийное оборудование (проектор, экран).

Windows 10 (лицензионное ПО Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО); Free Pascal (свободное и/или бесплатное ПО); ПО IntelliJ IDEA Community Edition, Anaconda, Maxima, пакет прикладных программ Matlab

**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)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Метод малого параметра	ПК-4	ПК-4.1. ПК-4.2 ПК-4.3,	Собеседования по темам
2.	Задаче о полёте на максимальную дальность	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1. ПК-4.2 ПК-4.3, ПК-5.3	Собеседования по темам контрольная
3	Задача успокоения твёрдого тела	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1. ПК-4.2 ПК-4.3, ПК-5.3	Собеседования по темам контрольная
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				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:

#### Контрольные работы

1. Вычислить время окончания процесса (аналитически и численно) при заданных характеристиках системы
2. Найти оптимальное управление и оптимальную траекторию в задаче о полёте на максимальную дальность.
3. Найти оптимальное управление и оптимальную траекторию в задаче успокоения твёрдого тела

#### Перечень заданий для лабораторных работ

##### I. Задача о полёте на максимальную дальность

1. Построение траекторий невозмущенной системы уравнений Эйлера. (плоский случай)
2. Построение фазовых траекторий в трёхмерном пространстве
3. Исследование графиков решений управляемой системы.
4. Исследование зависимости критерия качества от степени возмущения системы.

##### II. Задача об успокоении твёрдого тела

1. Построение траекторий невозмущенной системы уравнений Эйлера. (плоский случай)
2. Построение фазовых траекторий в трёхмерном пространстве
3. Исследование графиков решений управляемой системы.
4. Исследование зависимости критерия качества от степени возмущения системы.

#### Перечень вопросов для зачета

1. Разложение по степеням малого параметра в ряды функций, применяемых в процессе решения задачи.
2. Решение краевой задачи для системы дифференциальных уравнений, объединяющей фазовые и сопряжённые переменные.
3. Вычисление коэффициентов оптимального управления в первом приближении.
4. Вычисление коэффициентов оптимальной траектории в первом приближении (общий случай)
5. Приведение базовой модели к нормальному виду с безразмерными переменными.
6. Вычисление оптимального управления и оптимальной траектории в первом вычислении для исследуемой конкретной задачи.
7. Система уравнений Эйлера.
8. Общее и частное решение невозмущенной системы.
9. Применение эллиптических функций для решения возмущённой системы

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 негрубой 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:

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

1. Назовите четыре пункта, из которых состоит общая постановка задачи.
2. Какими свойствами должны обладать функции в пунктах (1)-(4).
3. Из какого условия находится время окончания процесса.
4. Сформулируйте принцип максимума
5. Какое управление можно назвать допустимым и что есть допустимая фазовая траектория
6. Какое управление и какая фазовая траектория называются оптимальными.
7. Какие системы дифференциальных уравнений называются слабоуправляемыми
8. На каких идеях анализа основывается метод малого параметра
9. В каких пунктах приведённого алгоритма используется условие трансверсальности

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

**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 экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание основных определений, примеров и формулировок теорем;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение решать задачи вычислительного характера;
- 4) умение обосновывать (доказывать) основные факты теории.

Для оценивания результатов обучения на экзамене (зачете с оценкой) используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Полное соответствие ответа обучающегося на контрольно-измерительный материал всем перечисленным критериям</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал соответствует первым трем критериям.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ обучающегося на контрольно-измерительный материал соответствует первым двум критериям.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ не соответствует первым двум критериям.</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>