

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Системного анализа и управления
Проф. Курбатов В.Г.
31.03.2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами

1. Код и наименование направления подготовки:

01.03.02 Прикладная математика и информатика

2. Профиль подготовки:

Прикладная математика и компьютерные технологии

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

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

6. Составители программы:

Белоусова Е.П., к.ф.-м.н., доцент кафедры системного анализа и управления

7. Рекомендована:

НМС факультета Прикладной математики, информатики и механики № 6 от 17.03.2025 г.

8. Учебный год: 2027-2028

Семестр: 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- знакомство с основными методами, применяемыми для исследования периодических и ограниченных на всей числовой оси решений нелинейных автономных систем обыкновенных дифференциальных уравнений;
- знакомство с задачами оптимального управления, принципом минимума и принципом максимума Понтрягина;
- формирование умений и навыков использования математических и компьютерных методов в задачах анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления.

Задачи учебной дисциплины:

- обучить практическим методам исследованию поведения траекторий различных автономных систем;
- сформировать практические навыки использования современных технологий и пакетов прикладных программ для решения задач анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления;
- сформировать навыки и умения осуществления правильного выбора алгоритма и средств его реализации при решении задач управления и оптимизации.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина является факультативной. Для её успешного освоения требуется знание основных разделов курса математического анализа, дифференциальных уравнений.

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	Индикатор	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен подготовить элементы документации, проекты планов и программы проведения отдельных этапов работ.	ПК-2.2	Проводит эксперименты в соответствии с поставленными задачами по отдельным этапам работ.	Знать: документацию, проекты планов и программы проведения отдельных этапов работ. Уметь: подготовить элементы документации, проекты планов и программы проведения отдельных этапов работ. Владеть: навыками проведения экспериментов в соответствии с поставленными задачами по отдельным этапам работ.
ПК-3	Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформить результаты исследований и разработок.	ПК-3.2	Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение.	Знать: стандартное и оригинальное программное обеспечение. Уметь: применять при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение. Владеть: навыками выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. 1 / 36.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		6 семестра	№ семестра	...

Аудиторные занятия		16	16		
в том числе:	лекции				
	практические				
	лабораторные	16	16		
Самостоятельная работа		20	20		
Форма промежуточной аттестации - зачет		0	0		
Итого:		36	36		

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лабораторные занятия			
1.1	Нелинейные автономные системы.	Сосредоточенные системы. Системы с запаздыванием. Распределенные системы.	ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31806
1.2	Методы исследования устойчивости автономных систем.	Второй метод Ляпунова. Теорема Четаева о неустойчивости. Реактор с постоянным отводом тепла. Модель Вольтерра конкурирующих видов.	ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31806
1.3	Задача оптимального управления.	Примеры задач оптимального управления.	ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31806
1.4	Элементарная задача оптимального управления.	Принцип минимума в элементарной задаче оптимального управления.	ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31806
1.5	Общая задача оптимального управления.	Принцип максимума Понтрягина. Связь между принципом максимума Понтрягина и классическим вариационным исчислением.	ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31806

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	Нелинейные автономные системы.			2	4	6

2	Методы исследования устойчивости автономных систем.			2	4	6
3	Задача оптимального управления. Примеры.			3	4	7
4	Элементарная задача оптимального управления.			4	4	8
5	Общая задача оптимального управления.			5	4	9
	Итого:			16	20	36

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Курс предполагает отведение почти одинакового числа часов на аудиторную и самостоятельную работу студентов. Приведенные источники позволяют в полной мере самостоятельно изучить студентами необходимые разделы.

Материал по каждой теме будет изучаться практически самостоятельно. Необходима постоянная самостоятельная проработка и усвоение изложенного в литературе материала.

Приветствуются вопросы студентов по теме учебной дисциплины и смежным вопросам в ходе аудиторных занятий.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Методы вычислительной математики [Электронный ресурс] / Марчук Г. И. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2009. — 608 с.
2	Скубов, Д. Ю. Основы теории нелинейных колебаний [Электронный ресурс] / Скубов Д. Ю. — 1-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 320 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD [Электронный ресурс] / Охорзин В. А. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2009. — 352 с.
2	Копченова, Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах [Электронный ресурс] / Копченова Н. В., Марон И. А. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 368 с.

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

№ п/п	Ресурс
1	ЭБС «Лань», - режим доступа: https://e.lanbook.com .
2	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. — Режим доступа: https://lib.vsu.ru
3	ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31806 .

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Гелиг, Аркадий Хаимович. Устойчивость и стабилизация нелинейных систем / А. Х. Гелиг, И. Е. Зубер, А. Н. Чурилов; С.-Петерб. гос. ун-т. — СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. — 269 с.
2	Анищенко, Вадим Семенович. Знакомство с нелинейной динамикой: Лекции соросовского профессора / В. С. Анищенко. — М. ; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. — 143 с.
3	ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31806 .

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 «ФТД.01 Методы возмущений в управлении нелинейными системами», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle) <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31806>, а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ, организации самостоятельной работы, проведения текущей и промежуточной аттестаций: специализированная мебель, персональные компьютеры в количестве, обеспечивающем возможность индивидуальной работы, компьютер преподавателя, мультимедийное оборудование (проектор, экран), допускается использование переносного оборудования.

Программное обеспечение: ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (GoogleChrome, MozillaFirefox), ПО AdobeReader, пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами (MS Office, Мой Офис, Libre Office), Matlab (лицензионное ПО); Visual Studio Code (свободное и/или бесплатное ПО); Wolfram Mathematica (свободное и/или бесплатное ПО); Anaconda (свободное и/или бесплатное ПО).

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	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Нелинейные автономные системы.	ПК-2	ПК-2.2	Зачет Лабораторная работа
2.	Методы исследования устойчивости автономных систем.	ПК-2	ПК-2.2	Зачет Лабораторная работа
3.	Задача оптимального управления. Примеры.	ПК-2	ПК-2.2	Зачет Лабораторная работа
4.	Элементарная задача оптимального управления.	ПК-3	ПК-3.2	Зачет Лабораторная работа
5.	Общая задача оптимального управления.	ПК-3	ПК-3.2	Зачет Лабораторная работа
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов Практическое задание

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:

Лабораторная работа № 1.

Задание:

1. Выбрать из учебной литературы нелинейную автономную систему дифференциальных уравнений (сосредоточенную, систему с запаздыванием, распределенную систему).
2. Заполнить модель подходящими по условию задачи параметрами (на выбор).
3. Подобрать наиболее эффективный метод исследования полученной автономной системы дифференциальных уравнений.
4. Составить алгоритм и выполнить расчеты. Изобразить фазовый портрет. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Лабораторная работа № 2.

Задание:

1. Выбрать из учебной литературы элементарную задачу оптимального управления.
2. Заполнить модель подходящими по условию задачи параметрами (на выбор).
3. Подобрать наиболее эффективный способ решения элементарной задачи оптимального управления.
4. Составить алгоритм и выполнить расчеты. Изобразить графики оптимального управления и оптимального решения. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Лабораторная работа № 3.

Задание:

1. Выбрать из учебной литературы элементарную задачу оптимального управления с закрепленными концами.
2. Заполнить модель подходящими по условию задачи параметрами (на выбор).
3. Подобрать наиболее эффективный способ решения элементарной задачи оптимального управления с закрепленными концами.
4. Составить алгоритм и выполнить расчеты. Изобразить графики оптимального управления и оптимального решения. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Лабораторная работа № 4.

Задание:

1. Выбрать из учебной литературы элементарную задачу оптимального управления со свободным правым концом.
2. Заполнить модель подходящими по условию задачи параметрами (на выбор).
3. Подобрать наиболее эффективный способ решения элементарной задачи оптимального управления со свободным правым концом.
4. Составить алгоритм и выполнить расчеты. Изобразить графики оптимального управления и оптимального решения. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Описание технологии проведения: собеседование.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: зачет.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания:

Оценка «зачет» выставляется, если обучающийся предъявляет работающие компьютерные реализации большинства заданий лабораторных работ и показывает понимание реализуемых алгоритмов в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности.

Оценка «незачет» выставляется, если обучающийся не в состоянии объяснить алгоритмы и запрограммировать более половины всех заданий. Не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.