


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
29.05.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.06 Методы возмущений в управлении нелинейными системами

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: Белоусова Е.П., 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)

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы)/Триместр(ы): 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 обыкновенных дифференциальных уравнений,
- знакомство с методом малого параметра, методом усреднения и методом фазовой плоскости для формирования умений и навыков использования современных математических и компьютерных методов в задачах анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления; проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований; выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок.

Задачи учебной дисциплины:

- обучить исследованию поведения фазовых траекторий при различных значениях параметров, получению предельные циклы;
- обучить проведению исследования классической (сверхжесткой) автоколебательной системы (осциллятор Ван дер Поля);
- обучить построению периодических решений и диаграммы Айнса-Стретта для уравнения Матье;
- сформировать навыки сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний;
- сформировать навыки анализа научно-техническую информацию, касающуюся передового отечественного и зарубежного опыта решения задач в области профессиональной деятельности;
- сформировать навыки составления отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов;
- 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 относится к вариативной части базового цикла Б1.

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-1 | Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований | ПК-1.1 | Обеспечивает сбор, обработку, анализ и обобщение результатов исследований в соответствующей области знаний | Знать: результаты исследований. Уметь: собирать, обрабатывать, анализировать результаты исследований. Владеть: навыками сбора и обобщения результатов исследований в соответствующей области знаний. |
| | | ПК-1.2 | Анализирует научно-техническую информацию, касающуюся передового отечественного и зарубежного опыта решения задач в области профессиональной деятельности | Знать: научно-техническую информацию по решению задач в области профессиональной деятельности. Уметь: анализировать научно-техническую информацию по решению задач в области профессиональной деятельности. Владеть: навыками анализа научно-техническую информацию по решению задач в области профессиональной деятельности . |
| ПК-3 | Способен осуществлять выполнение | ПК-3.3 | Составляет отчеты (разделы отчетов) по теме или по | Знать: темы исследований. Уметь: составлять отчеты по теме |

| | | | | |
|------|---|--------|---|---|
| | экспериментов и оформить результаты исследований и разработок | | результатам проведенных экспериментов | исследований. Владеть: навыками составления отчетов по результатам проведенных экспериментов. |
| ПК-4 | Способен использовать современные математические и компьютерные методы в задачах математической физики, оптимизации и оптимального управления | ПК-4.1 | Использует современные технологии и пакеты прикладных программ для решения задач анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления | Знать: пакеты прикладных программ. Уметь: применять пакеты прикладных программ для анализа динамических систем. Владеть: современными технологиями для решения задач анализа динамических систем. |
| | | ПК-4.3 | Правильно выбирает алгоритм и средства его реализации при решении задачи управления и оптимизации | Знать: современные математические и компьютерные методы в задачах оптимизации Уметь: осуществлять выбор подходящих методов решения задач оптимального управления Владеть: анализом компьютерных методов при решении задач математической физики |

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации экзамен _____

13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы | | Трудоемкость | | |
|--|--------------|--------------|--------------|------------|
| | | Всего | По семестрам | |
| | | | 6 семестра | № семестра |
| Аудиторные занятия | | 48 | 48 | |
| в том числе: | лекции | 16 | 16 | |
| | практические | 16 | 16 | |
| | лабораторные | 16 | 16 | |
| Самостоятельная работа | | 60 | 60 | |
| в том числе: курсовая работа (проект) | | | | |
| Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час.) | | 36 | 36 | |
| Итого: | | 144 | 144 | |

13.1. Содержание дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК* |
|------------------|-------------------------------------|---|---|
| 1. Лекции | | | |
| 1.1 | Основные сведения теории колебаний. | Теория колебаний – один из разделов прикладной математики. Московская, ленинградская, киевская, горьковская и другие школы по теории колебаний. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами |

| | | | |
|--------------------------------|--|---|--|
| | | | Б1.В.06 |
| 1.2 | Свободные колебания. | Свободные колебания. Вынужденные колебания. Параметрические колебания. Самовозбуждающиеся колебания (автоколебания). | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 1.3 | Фазовый портрет, особые точки. | Фазовый портрет. Метод фазовой плоскости. Особые точки на фазовой плоскости. Индекс Пуанкаре особой точки. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 1.4 | Вынужденные колебания, устойчивость. вопрос | Вынужденные колебания систем с нелинейной восстанавливающей силой. Уравнение Дуффинга. Явление скачка. Вопросы устойчивости | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 1.5 | Уравнение Ван-дер-Поля, теория Бендиксона, Андронова. Пуанкаре-метод | Элементы теории динамических систем на плоскости. Теория Пуанкаре-Бендиксона. Предельные циклы. Метод Андронова. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 1.6 | Уравнение Хилла, теория Флоке, уравнение Матье. | Уравнение Хилла и его применение к изучению устойчивости нелинейных колебаний. Теория Флоке линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Уравнение Матье. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 2. Практические занятия | | | |
| 2.1 | Основные сведения теории колебаний. | Теория колебаний – один из разделов прикладной математики. Московская, ленинградская, киевская, горьковская и другие школы по теории колебаний. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 2.2 | Свободные колебания. | Свободные колебания. Вынужденные колебания. Параметрические колебания. Самовозбуждающиеся колебания (автоколебания). | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 2.3 | Фазовый портрет, особые точки. | Фазовый портрет. Метод фазовой плоскости. Особые точки на фазовой плоскости. Индекс Пуанкаре особой точки. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 2.4 | Вынужденные колебания, устойчивость. вопрос | Вынужденные колебания систем с нелинейной восстанавливающей силой. Уравнение Дуффинга. Явление скачка. Вопросы устойчивости | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 2.5 | Уравнение Ван-дер- | Элементы теории динамических систем на | Методы |

| | | | |
|--------------------------------|--|---|--|
| | Поля, теория Пуанкаре-Бендиксона, метод Андронова. | плоскости. Теория Пуанкаре-Бендиксона. Предельные циклы. Метод Андронова. | возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 2.6 | Уравнение Хилла, теория Флоке, уравнение Матье. | Уравнение Хилла и его применение к изучению устойчивости нелинейных колебаний. Теория Флоке линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Уравнение Матье. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 3. Лабораторные занятия | | | |
| 3.1 | Основные сведения теории колебаний. | Теория колебаний – один из разделов прикладной математики. Московская, ленинградская, киевская, горьковская и другие школы по теории колебаний. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 3.2 | Свободные колебания. | Свободные колебания. Вынужденные колебания. Параметрические колебания. Самовозбуждающиеся колебания (автоколебания). | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 3.3 | Фазовый портрет, особые точки. | Фазовый портрет. Метод фазовой плоскости. Особые точки на фазовой плоскости. Индекс Пуанкаре особой точки. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 3.4 | Вынужденные колебания, устойчивость. вопрос | Вынужденные колебания систем с нелинейной восстанавливающей силой. Уравнение Дуффинга. Явление скачка. Вопросы устойчивости | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 3.5 | Уравнение Ван-дер-Поля, теория Пуанкаре-Бендиксона, метод Андронова. | Элементы теории динамических систем на плоскости. Теория Пуанкаре-Бендиксона. Предельные циклы. Метод Андронова. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |
| 3.6 | Уравнение Хилла, теория Флоке, уравнение Матье. | Уравнение Хилла и его применение к изучению устойчивости нелинейных колебаний. Теория Флоке линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Уравнение Матье. | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06 |

* 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 | Основные сведения | 2 | 2 | 2 | 10 | 16 |

| | | | | | | |
|---|--|----|----|----|----|-----|
| | теории колебаний. | | | | | |
| 2 | Свободные колебания. | 2 | 2 | 2 | 10 | 16 |
| 3 | Фазовый портрет, особые точки. | 3 | 3 | 3 | 10 | 19 |
| 4 | Вынужденные колебания, вопрос устойчивости. | 3 | 3 | 3 | 10 | 19 |
| 5 | Уравнение Ван-дер-Поля, теория Пуанкаре-Бендиксона, метод Андронова. | 3 | 3 | 3 | 10 | 19 |
| 6 | Уравнение Хилла, теория Флоке, уравнение Матье. | 3 | 3 | 3 | 10 | 19 |
| | Итого: | 16 | 16 | 16 | 60 | 108 |

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Курс предполагает отведение большого числа разделов на самостоятельную работу студентов. Приведенные источники позволяют в полной мере самостоятельно изучить студентами данные разделы.

Материал по каждой теме излагается последовательно с использованием ранее введенных определений, обозначений и доказательств. Необходима постоянная самостоятельная проработка и усвоение изложенного на занятиях материала.

Желателен просмотр материала по данной учебной дисциплине с опережением лекций с использованием рекомендуемой в данной учебной программе литературы.

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 (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>Методы вычислительной математики [Электронный ресурс] / Марчук Г. И. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 608 с. — Книга из коллекции Лань - Математика. — ISBN 978-5-8114-0892-4. — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=255>.</i> |
| 2 | <i>Скубов, Д. Ю. Основы теории нелинейных колебаний [Электронный ресурс] / Скубов Д. Ю. — 1-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 320 с. — Книга из коллекции Лань - Физика. — ISBN 978-5-8114-1470-3. — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=30203>.</i> |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 1 | <i>Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD [Электронный ресурс] / Охорзин В. А. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 352 с. — Допущено Министерством образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированного специалиста 160400 — «Системы управления движением и навигации» и специальности 160403 — «Системы управления летательными аппаратами». — Книга из коллекции Лань - Математика. — ISBN 978-5-8114-0814-6. — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=294>.</i> |
| 2 | <i>Копченова, Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах [Электронный ресурс] / Копченова Н. В., Марон И. А. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 368 с. — Рек. НМС по математике Министерства образования и науки РФ в качестве уч. пособия для студентов вузов, обуч. по направлениям 510000 - "Естественные науки и математика", 550000 - "Технические науки", 540000 - "Педагогические науки". — Книга из коллекции Лань - Математика. — ISBN 978-5-8114-0801-6</i> |

| | |
|--|---|
| | . — <URL:https://e.lanbook.com/book/96854>. |
| | |

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

| № п/п | Ресурс |
|-------|---|
| 1 | Электронная библиотека рабочих учебных программ дисциплин. Режим доступа: http://smwww.main.vsu.ru |
| 2 | Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – Режим доступа: https://lib.vsu.ru |
| | Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06/ Е.П. Белоусова — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.moodle.ru . |

* 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 | Гелиг, Аркадий Хаимович. Устойчивость и стабилизация нелинейных систем / А. Х. Гелиг, И. Е. Зубер, А. Н. Чурилов ; С.-Петербург. гос. ун-т .— СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2006 .— 269 с. — Предм. указ.: с. 266-267 .— Библиогр.: с. 244-265 .— ISBN 5-288-04098-2, 300 экз. |
| 2 | Анищенко, Вадим Семенович. Знакомство с нелинейной динамикой : Лекции соросовского профессора / В. С. Анищенко .— М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002 .— 143 с. : ил. — Библиогр.: с. 174-175 .— ISBN 5-93972-116-8 |

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 «Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, персональные компьютеры для индивидуальной работы с возможностью подключения к сети «Интернет» ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Chrome, Яндекс.Браузер, Mozilla Firefox), 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. | Основные сведения теории колебаний. | ПК-1 | ПК-1.1 ПК-1.2 | Экзамен, контрольная работа |
| 2. | Свободные колебания. | ПК-1 | ПК-1.1 ПК-1.2 | Экзамен, контрольная работа |
| 3. | Фазовый портрет, особые точки. | ПК-4 | ПК-4.1 ПК-4.3 | Экзамен, контрольная работа |
| 4. | Вынужденные колебания, вопрос устойчивости. | ПК-4 | ПК-4.1 ПК-4.3 | Экзамен, контрольная работа |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства |
|--|--|----------------|-------------------------------------|---|
| 5. | Уравнение Ван-дер-Поля, теория Пуанкаре-Бендиксона, метод Андронова. | ПК-3 | ПК-3.3 | <i>Экзамен, контрольная работа</i> |
| 6. | Уравнение Хилла, теория Флоке, уравнение Матье. | ПК-4 | ПК-4.1 ПК-4.3 | <i>Экзамен, контрольная работа</i> |
| Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен | | | | <i>Перечень вопросов Практическое задание</i> |

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:

_____ Примерные темы курсового проекта

1. Устойчивость, пассивность и числовые образы.
2. Обобщения задачи о брахистохроне.
3. Задача об оптимальной остановке.
4. Оптимизация линейной системы со случайно меняющейся структурой.
5. Управление в среднем колебаниями системы в условиях неопределенности.
6. Исследование устойчивости уравнений Хилла и Матье.
7. Признаки устойчивости систем линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами.
8. Исследование уравнения переноса в атмосфере.
9. Исследование устойчивости непрерывных систем специального вида.
10. Устойчивость систем линейных дифференциальных уравнений.
11. Управление процессом очистки сточных вод от органических загрязнений.
12. Разработка системы управления цепочки закупок.
13. Модели боевых действий
14. Сценарии распространения информации в социуме
15. Качественный и численный анализ моделей Лотки-Вольтерры

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

_____ экзамен

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

Перечень вопросов к экзамену:

1. Теорема о дифференциальных неравенствах.
2. Лемма о линейных интегральных неравенствах.
3. Линейная зависимость. Матрица Вронского.
4. Теорема об интегральных неравенствах.
5. Лемма о линейных дифференциальных неравенствах.

6. Линейные уравнения высокого порядка с переменными коэффициентами.
7. Определитель Вронского и формула Лиувилля.
8. Понижение порядка дифференциального уравнения при известных частных решениях.
9. Восстановление дифференциального уравнения по известной фундаментальной системе решений.
10. Комплексное ДУ. Комплексное решение.
11. Формула смещения. Теорема об общем решении уравнения высокого порядка с постоянными коэффициентами в комплексном случае (случай простых корней).
12. Теорема об общем решении уравнения высокого порядка с постоянными коэффициентами в вещественном случае (случай простых корней).
13. Линейное неоднородное уравнение высокого порядка с постоянными коэффициентами (резонансный случай).
14. Квазимногочлены и их свойства.
15. Краевая задача. Примеры.
16. Свободные колебания. Вынужденные колебания.
17. Параметрические колебания. Автоколебания.
18. Фазовый портрет. Метод фазовой плоскости. Особые точки на фазовой плоскости. Индекс Пуанкаре особой точки.
19. Вынужденные колебания систем с нелинейной восстанавливающей силой.
Уравнение Дуффинга. Явление скачка. Вопросы устойчивости
20. Элементы теории динамических систем на плоскости. Теория Пуанкаре-Бендиксона. Предельные циклы. Метод Андронова.
21. Уравнение Хилла и его применение к изучению устойчивости нелинейных колебаний. Теория Флоке линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Уравнение Матье.

Контрольно-измерительные материалы № 1

1. Показать, что ДУ $y' = y/x$ при начальном условии $y(0) = y_0$ имеет бесконечно много решений вида $y = cx$, если $y_0 = 0$ и не имеет ни одного решения, если $y_0 \neq 0$.
2. Какие решения теряются при разделении переменных в уравнении $y' = 2\sqrt{y}$? Найти все решения этого ДУ, изобразите интегральные кривые.
3. Являются ли линейно независимыми на R следующие системы функций:
 $1, \sin x, \cos 2x$.

Контрольно-измерительные материалы № 2

1. Привести пример матриц A и B таких, что $e^{(A+B)t} \neq e^{At} e^{Bt}$.
2. Что является интегральной кривой и фазовой траекторией системы ДУ двух уравнений, имеющих решение $x_1(t) = \cos t, x_2(t) = \sin t$.
3. Что такое точка покоя системы $x' = f(x)$? Какая фазовая траектория ей отвечает?

Описание технологии проведения

Подготовка к ответу на вопрос происходит в течение 30 минут в учебной аудитории. Затем собеседование с преподавателем.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

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.

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

Вопросы с вариантами ответов

1. Модель взаимодействия двух биологических видов

$$\dot{N}_1 = (k_1(N_1^* - N_1) - k_2N_2)N_1$$

$$\dot{N}_2 = (k_3(N_2^* - N_2) - k_4N_1)N_2$$

имеет несколько положений равновесия. А именно

а) 2

б) 3

в) 6

Ответ: а), б).

2. Метод точечных преобразований исследования динамики нелинейных систем относится к одному из следующих типов

а) качественный метод

б) метод вариации произвольных постоянных

в) количественный метод

Ответ: в).

3. Среди особых точек системы трех конкурирующих видов есть следующие точки

а) седло

б) устойчивый узел

в) фокус

Ответ: а), б).

4. Любая модель, описывающая динамику биологических систем, предполагает обязательное взаимодействие видов между собой

а) да

б) нет

Ответ: б).

5. Типы особых точек в системе двух конкурирующих видов зависят только от одного коэффициента, из всех входящих в систему

а) да

б) нет

Ответ: б).

6. Система дифференциальных уравнений вида

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = (k_1 - k_2 N_2) N_1 \\ \frac{dN_2}{dt} = (-k_3 + k_4 N_1) N_2 \end{cases}$$

носит название

а) система Вольтерра

б) система Дуффинга

Ответ: а).

7. Для исследования нелинейных процессов вида

$$\ddot{x} + \mu(x^2 - 1)\dot{x} + x = 0, \mu > 0$$

применимы методы

а) Ван-дер-Поля

б) Пуанкаре

в) сжимающих отображений

Ответ: а), б).

8. Система уравнений, позволяющая описать процесс типа «хищник-жертва» может быть

а) грубой

б) негрубой

в) жесткой

Ответ: б).

Вопросы с кратким текстовым ответом

1. Неустойчивое состояние равновесия системы

$$\ddot{x} + \mu(x^2 - 1)\dot{x} + x = 0, \mu > 0$$

характеризуется неустойчивым фокусом.

Ответ: нет.

2. Уравнения Ван-дер-Поля

$$\ddot{x} + \mu(x^2 - 1)\dot{x} + x = 0, \mu > 0$$

имеет устойчивый предельный цикл при различных значениях параметра μ .

Ответ: нет.

3. Устойчивому состоянию равновесия системы с малым параметром

$$\ddot{x} + \mu(x^2 - 1)\dot{x} + x = 0, \mu > 0$$

может соответствовать несколько предельных циклов.

Ответ: нет.

4. К линейным системам с малым параметром можно отнести модель колебания математического маятника в пренебрежении трением

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{L} \sin x = 0.$$

Ответ: нет.

Описание технологии проведения:

Текущая аттестация проводится на занятии одновременно во всей учебной группе в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ». Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только отдельные вопросы, представленные в форме эссе. Ограничение по времени на каждую попытку — 50 минут

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые с вариантами ответов, средний уровень сложности) :

1 балл – указан верный ответ;

0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые с кратким текстовым ответом, повышенный уровень

2 балла – указан верный ответ;

0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).