


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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
функционального анализа
и операторных уравнений

 Каменский М.И.
подпись, расшифровка подписи
26.06.2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.11 Моделирование гистерезисных элементов

- 1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:** 02.03.01 математика и компьютерные науки.
- 2. Профиль подготовки / специализации:** математическое и компьютерное моделирование.
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма образования:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** функционального анализа и операторных уравнений
- 6. Составители программы:** Прядко Ирина Николаевна, к.ф.-м.н., математический факультет, кафедра функционального анализа и операторных уравнений, pryadko_irina@mail.ru
- 7. Рекомендована:** НМС математического факультета, протокол № 0500-07 от 03.07.2018
- 8. Учебный год:** 2018-2019 **Семестр(ы):** пятый

9. Цели и задачи учебной дисциплины: целью курса является изучение некоторых методов моделирования гистерезисных элементов. Задачами курса являются:

- 1) построение моделей некоторых гистерезисных элементов;
- 2) анализ построенных моделей.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к вариативной части и является обязательной.

Основные дисциплины и их разделы, необходимые для усвоения курса

«Моделирование гистерезисных элементов»:

- дифференциальные уравнения;
- математический анализ.

Дисциплина «Моделирование гистерезисных элементов» является необходимой для усвоения учебного курса «Моделирование негладких процессов».

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-1	способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области	<p>знать: фундаментальные понятия теории гистерезиса</p> <p>уметь: формулировать и доказывать основные классические и современные результаты, связанные с гистерезисными элементами</p> <p>владеть: способностью к определению общих форм и закономерностей теории гистерезиса</p>
ПК-2	способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	<p>знать: определения и свойства основных гистерезисных элементов</p> <p>уметь: математически корректно ставить естественнонаучные задачи</p> <p>владеть: умением придавать задачам конкретной предметной области математическую форму, исследовать получающуюся математическую модель задачи</p>
ПК-3	способность строго доказывать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	<p>знать: методы доказательства основных теорем и формул теории гистерезиса</p> <p>уметь: формулировать и доказывать утверждения и следствия из них</p> <p>владеть: основными приемами, которые используются при доказательстве утверждений</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации: зачёт

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)		
	Всего	В том числе интерактивные часы	По семестрам
			сем. 5
Аудиторные занятия	32		32
в том числе: лекции	16		16
Практические	16		16
Лабораторные	0		0
Самостоятельная работа	40		40
Форма промежуточной аттестации (зачет – 4 час. / экзамен – 0 час.)			
Итого:	72		72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Уравнения с нелинейным дифференциалом	Уравнения с нелинейным дифференциалом как средство моделирования гистерезисных элементов. Связь с ОДУ. Локально явные уравнения. Определения и свойства.
1.2	Неидеальное реле и М – переключатель	Описание неидеального реле. Различные модели, свойства. Гладкие модели реле и их реализация в прикладных программах. Описание и математическая модель М – переключателя. Условия локальной явности. Реле как М – переключатель. Теоремы о глобальной разрешимости и единственности.
1.3	Упор и люфт	Описание, математические модели, свойства.
2. Практические занятия		
2.1	Уравнения с нелинейным дифференциалом	Нахождение решений, исследование продолжимости решений. Проверка локальной явности.
2.2	Неидеальное реле и М – переключатель	Построение выходов. Построение графиков с помощью прикладных пакетов. Проверка свойств.
2.3	Упор и люфт	Построение выходов. Построение графиков с помощью прикладных пакетов. Проверка свойств.
3. Лабораторные работы		

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Уравнения с нелинейным дифференциалом.	4	4	0	15	23
2.	Неидеальное реле. М - переключатель	6	6	0	15	27
3	Упор и люфт	6	6	0	10	22
Итого		16	16	0	40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с текстом конспекта лекции, изучение рекомендованной литературы, систематическая подготовка к практическим занятиям, выполнение индивидуальных.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Красносельский М. А. Системы с гистерезисом / Красносельский М.А., Покровский А.В. — М. : Наука, 1983 .— 271 с.
2.	Прядко И.Н. О локально явной модели люфта / И.Н. Прядко // Вестн. Воронеж. Гос. Ун-та. Сер. Физика. Математика .— Воронеж, 2006 .— № 2. — С. 230-234
3.	Прядко И.Н. О графической метрике на множестве функций / И.Н. Прядко, Б.Н. Садовский // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Физика. Математика .— Воронеж, 2008 .— № 1. - С. 261-263

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Садовский Б.Н. О квазипотоках / Б.Н. Садовский // Тез. докл. конф, Воронеж, 26-29 апреля 1995 г. – Воронеж: ВГУ, 1995. –С.
5.	Kloeden P.E. Quasi-flows and equations with nonlinear differentials / P.E. Kloeden, B.N. Sadovsky, I.E. Vasilyeva // Nonlinear Anal.Theory, Meth. and Appl. – 2002. – 51 – P. 1143-1158

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
6.	http://mi.mathnet.ru/at1644 - Прядко И.Н. О локально явных моделях некоторых негладких систем / И.Н. Прядко, Б.Н. Садовский // Автомат. и телемех.– 2004. - №10. – С. 40-50
7.	http://mi.mathnet.ru/at1101 - Нгуен Тхи Хиен. Гладкая модель реле с гистерезисом / Нгуен Тхи Хиен, Б.Н. Садовский // Автом. И телемех. 2010. № 11. С.100-111
8.	http://bsadovskiy.ru/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Красносельский М. А. Системы с гистерезисом / Красносельский М.А., Покровский А.В. — М. : Наука, 1983 .— 271 с.
2.	http://mi.mathnet.ru/at1644 - Прядко И.Н. О локально явных моделях некоторых негладких систем / И.Н. Прядко, Б.Н. Садовский // Автомат. и телемех.– 2004. - №10. – С. 40-50
3.	http://bsadovskiy.ru/

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Maxima (ПО)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория, аудитории для лабораторных, компьютер, мультимедийный проектор, доска (мел, маркеры).

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня осво-	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или	ФОС (средства оценива-
------------------------------	---	---	------------------------

	ения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	модуля и их наименование)	ния)
ПК-1 способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области	Знать: фундаментальные понятия теории гистерезиса	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Устный опрос, доклады
	Уметь формулировать и доказывать основные классические и современные результаты, связанные с гистерезисными элементами	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Практические задания
	Владеть способностью к определению общих форм и закономерностей теории гистерезиса	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Практические задания
ПК-2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	знать: определения и свойства основных гистерезисных элементов	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Устный опрос, доклады
	Уметь: математически корректно ставить естественнонаучные задачи	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Практические задания
	Владеть: умением придавать задачам конкретной предметной области математическую форму, исследовать получающуюся математическую модель задачи	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Практические задания
ПК-3 способность строго доказывать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	Знать: методы доказательства основных теорем и формул теории гистерезиса	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Устный опрос, доклады
	Уметь: формулировать и доказывать утверждения и следствия из них	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Практические задания
	Владеть: основными приемами, которые используются при доказательстве утверждений	Разделы 1-3 Уравнение с нелинейным дифференциалом. Неидеальное реле. М-переключатель. Упор и люфт	Практические задания
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

владение теоретическими основами дисциплины, способность иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач.

ОЦЕНКИ	КРИТЕРИИ ОЦЕНОК
Зачтено	Для получения зачета по курсу необходимо знать основные понятия курса и владеть методами решения типовых задач; иметь конспект всех решенных задач лабораторных занятий и домашних заданий; иметь зачет по каждому типу задач, предлагаемых в аттестационных работах.
Не зачтено	Если не выполнено, по крайней мере, одной из условий зачета

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Локально явные уравнения (основные определения).
2. Продолжимость решений локально явного уравнения.
3. Свойство единственности для класса сильных решений.
4. Описание неидеального реле, модель Красносельского-Покровского, свойства неидеального реле.
5. Локально явная модель неидеального реле (уравнение, проверка критерия локальной явности, отличия от модели Красносельского-Покровского).
6. Монотонность реле по входам.
7. Монотонность реле по пороговым значениям.
8. Управляемость реле.
9. Непрерывная зависимость выхода от входа.
10. Статичность реле.
11. "Гладкая" модель неидеального реле Садовского-Нгуен. Формулировка теоремы о степени несовпадения выходов гладкого и локально явного описания неидеального реле.
12. Новая гладкая модель реле.
13. Описание упора. Модель Красносельского-Покровского.
14. Описание люфта. Модель Красносельского-Покровского.
15. Связь между упором и люфтом. Свойства.
16. Модели упора и люфта для гладких входов.
17. Локально явные модели упора и люфта.
18. Гладкое описание упора и люфта.

19.3.2 Перечень практических заданий

1. Является ли функция $\varphi(t) = 1 + \sin^2 t$ решением уравнения с нелинейным дифференциалом:

$$\Delta x = x \sin^2(t + dt) - \sin^2 t ?$$

2. Является ли уравнение $\Delta x = e^{(t+dt)} - e^t$ локально явным?

3. Выход упора соответствующий и отрезку $[-5, 1]$ задается формулой
$$u(t) = \begin{cases} t^2 - 3, & 0 \leq t < 2, \\ 1, & t \geq 2, \end{cases}$$

выход соответствующего люфта имеет вид
$$v(t) = \begin{cases} -8, & 0 \leq t < 2, \\ -4 - t^2, & t \geq 2. \end{cases}$$
 Чему равен вход?

4. По заданному на рисунке входу нарисуйте выход неидеального реле.
5. По заданному на рисунке входу нарисуйте выход упора соответствующего отрезку $[-2;3]$, если в начальный момент выход равнялся нулю.
6. По заданному на рисунке входу нарисуйте выход люфта с $h = 5$, если в начальный момент выход равнялся двум.
7. Найти выход неидеального реле с пороговыми значениями 0, 2, соответствующий входу $\sigma(t) = 4\sin t$ и начальному значению 1 на промежутке $[0, 4\pi]$.
8. Найти выход упора соответствующий отрезку $[-4, -1]$, входу $\sigma(t) = |t^2 - 4t|$ и начальному значению $u(-2) = 3$.
9. Найти выход люфта соответствующий входу $\sigma(t) = ||t| - 2|$ и начальному значению $u(-4) = 2$, если $h = 1$.
10. Выход упора соответствующий входу $\sigma(t) = |t - 5|$ и отрезку $[-2, 2]$ задается формулой

$$u(t) = \begin{cases} |t - 5| - 5, & 0 \leq t < 2, \\ -2, & 2 \leq t < 5, \\ -2 + |t - 5|, & 5 \leq t < 9 \\ 2, & t \geq 9. \end{cases} \quad \text{Записать выход соответствующего люфта.}$$

11. Уравнение с нелинейным дифференциалом имеет сильное решение в некоторой точке (t_0, x_0) . Можно ли утверждать, что оно является локально явным? (В случае отрицательного ответа привести контрпример).
12. Найти все решения уравнения с нелинейным дифференциалом $\Delta x = 2\sqrt{x}dt + dt^2$, удовлетворяющие условию $x(0) = 0$. Указать среди них сильные.
13. Показать на примере монотонность обобщенного реле по входам и пороговым значениям.
14. Доказать управляемость реле с помощью кусочно-линейных входов.
15. С помощью прикладного пакета продемонстрировать различия в работе изучаемых гладких моделей реле (в программе должна быть возможность менять пороговые значения, входы и промежутки работы).
16. С помощью гладких моделей упора и люфта продемонстрировать связь между ними (в программе должна быть возможность менять входы, промежутки работы и h , соответственно отрезок упора).
17. С помощью гладкой модели упора и любого прикладного пакета продемонстрировать свойства упора (в программе должна быть возможность менять входы, отрезок и промежутки работы упора).
18. С помощью гладкой модели люфта и любого прикладного пакета продемонстрировать свойства люфта (в программе должна быть возможность менять входы, h и промежутки работы люфта).
19. С помощью гладкой модели реле и любого прикладного пакета продемонстрировать свойства неидеального реле (в программе должна быть возможность менять входы, пороговые значения и промежутки работы реле).

19.3.4 Тестовые задания

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы докладов

- 1 Описание неидеального реле, модель Красносельского-Покровского, свойства неидеального реле.
- 2 Локально явная модель неидеального реле (уравнение, проверка критерия локальной явности, отличия от модели Красносельского-Покровского).

3. “Гладкая” модель неидеального реле Садовского-Нгуен. Формулировка теоремы о степени несовпадения выходов гладкого и локально явного описания неидеального реле.
4. Новая гладкая модель реле.
5. Описание упора. Модель Красносельского-Покровского.
6. Описание люфта. Модель Красносельского-Покровского.
7. Связь между упором и люфтом. Свойства.
8. Модели упора и люфта для гладких входов.
9. Локально явные модели упора и люфта.
10. Гладкое описание упора и люфта.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (фронтальная беседа, доклады); выполнение практико-ориентированных заданий. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

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.

При оценивании используются качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.