

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.

 26.06.2018 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.12 Моделирование негладких процессов

- 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):** шестой

9. Цели и задачи учебной дисциплины: целью курса является изучение некоторых методов моделирования негладких (в том числе разрывных) процессов. Задачами курса являются:

- 1) построение моделей некоторых негладких процессов;
- 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 негладких процессов»:

- дифференциальные уравнения;
- моделирование гистерезисных элементов;
- теоретическая механика.

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: способы моделирования негладких процессов</p> <p>уметь: формулировать и доказывать основные классические и современные результаты, связанные с моделированием негладких процессов</p> <p>владеть: способностью к определению общих форм и закономерностей моделирования негладких процессов</p>
ПК-2	способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	<p>знать: основы моделирования негладких процессов</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</p> <p>уметь: формулировать и доказывать утверждения и следствия из них</p> <p>владеть: основными приемами, которые используются при доказательстве утверждений</p>
ПК-4	способность публично представлять собственные и известные научные результаты	<p>знать: в достаточном объеме сведения об изучаемых объектах</p> <p>уметь: строить математические модели негладких процессов и излагать результаты</p> <p>владеть: навыками дискуссии, способностью публично</p>

		представлять собственные и известные научные результаты
--	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108.

Форма промежуточной аттестации зачёт

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		сем. 6
Аудиторные занятия	50	50
в том числе: лекции	34	34
практические	0	0
лабораторные	16	16
Самостоятельная работа	58	58
контроль	0	0
Итого:	108	108
Форма промежуточной аттестации		зачёт, 1 контр. работа

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	О моделировании гладких процессов.	Примеры моделирования гладких процессов. Электрические цепи. Второй закон Ньютона.
1.2	Замкнутые системы с реле.	Теоремы о замкнутой системе с реле. Построение и исследование математических моделей электрических цепей с реле и систем с термореле.
1.3	Замкнутые системы с М – переключателем.	Теоремы о локальной и глобальной разрешимости. Примеры.
1.4	Системы, содержащие оператор упора (люфта)	Теоремы о замкнутых системах с упором. Построение и исследование математических моделей систем с упором (люфтом).
2. Практические занятия		
3. Лабораторные работы		
3.1	О моделировании гладких процессов.	Электрические цепи. Второй закон Ньютона. .
3.2	Замкнутые системы с реле.	Построение и исследование математических моделей электрических цепей с реле и систем с термореле. Численные эксперименты в прикладных программах.
3.3	Замкнутые системы с М – переключателем.	Исследование примеров.
3.4	Системы, содержащие оператор упора (люфта)	Построение и исследование математических моделей систем с упором (люфтом). Численные эксперименты в прикладных

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	контроль	
1.	О моделировании гладких процессов.	4	2	4	0	10
2.	Замкнутые системы с реле.	14	8	24	0	46
3	Замкнутые системы с М – переключателем.	8	2	15	0	25
4	Системы, содержащие оператор упора (люфта)	8	4	15	0	27
Итого		34	16	58	0	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
подготовка докладов, решение разноуровневых задач и заданий.

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.	Pryadko I.N. On the Cauchy problem for systems containing locally explicit equations / I.N. Pryadko // Z. Anal. und Anwend. – 2004.– 23, № 4. – P. 819–824
3.	Pryadko I.N. and Sadovsky B.N. On locally explicit equations and systems with switching / I.N. Pryadko and B.N. Sadovsky // Func. Diff. Equat 2006. – 13 , № 3-4. – P. 571–584.
4.	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
7.	Садовский Б.Н. О квазипотоках / Б.Н. Садовский // Тез. докл. конф, Воронеж, 26-29 апреля 1995 г. – Воронеж: ВГУ, 1995. –С.
8.	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
9.	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
10.	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
11.	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 освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ПК-1 способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области	Знать: фундаментальные понятия теории гистерезиса	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Устный опрос, доклады
	Уметь формулировать и доказывать основные классические и современные результаты, связанные с гистерезисными элементами	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Практические задания
	Владеть способностью к определению общих форм и закономерностей теории гистерезиса	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Практические задания
ПК-2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	знать: определения и свойства основных гистерезисных элементов	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Устный опрос, доклады
	Уметь: математически корректно ставить естественнонаучные задачи	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Практические задания

	Владеть: умением придавать задачам конкретной предметной области математическую форму, исследовать получающуюся математическую модель задачи	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Практические задания
ПК-3 способность строго доказывать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	Знать: методы доказательства основных теорем и формул теории гистерезиса	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Устный опрос, доклады
	Уметь: формулировать и доказывать утверждения и следствия из них	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Практические задания
	Владеть: основными приемами, которые используются при доказательстве утверждений	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Практические задания
ПК-4 способность публично представлять собственные и известные результаты	Знать: в достаточном объеме сведения об изучаемых объектах	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Устный опрос, доклады
	Уметь: строить математические модели систем релейного управления и излагать результаты	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)
	Владеть: навыками дискуссии, способностью публично представлять собственные и известные научные результаты	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)	Разделы 1-4 О моделировании гладких процессов. Замкнутые системы с реле Замкнутые системы с М-переключателем Системы, содержащие люфт(упор)
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

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Замкнутая система с реле.
2. Теорема о локальной разрешимости системы с М- переключателем.
3. Пример системы с бесконечным числом переключений.
4. Замкнутая система с гистерезисным элементом типа упора.
5. О ψ -устойчивости решений обобщенных динамических систем.
6. ψ -устойчивость поведения "регулятора температуры"
7. Система с одним реле на плоскости. Критерий периодичности решений.
8. Теорема о близости.
9. Оценка близости к решениям системы с локально явным описанием реле.
10. Пример системы релейного управления.

19.3.2 Перечень практических заданий

19.3.3 Тестовые задания

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

1. Составить систему уравнений предложенной электрической цепи (параллельное соединение) с реле, найти её решение на заданном промежутке, при заданных начальных условиях.
2. Составить систему уравнений нагревателя с термореле по заданным параметрам, найти её решение.
3. Составить систему уравнений предложенной электрической цепи со "стабилизатором" напряжения на входе, найти её решение на заданном промежутке, при заданных начальных условиях.
4. Составить систему уравнений предложенной электрической цепи (последовательное соединение) с реле, найти её решение на заданном промежутке, при заданных начальных условиях.
5. Для предложенной системы с одним реле на плоскости проверить выполнения условий критерия периодичности (в случае существования периодического решения найти период), найти решение системы на заданном промежутке.
6. Составить систему уравнений предложенной механической системы с люфтом, найти её решение на заданном промежутке.
7. С помощью гладкой модели реле и любого прикладного пакета продемонстрировать закон изменения тока в предложенной (параллельное соединение) релейной системе (в программе должна быть возможность менять пороговые значения, начальные значения и промежутки работы).
8. С помощью гладкой модели люфта и любого прикладного пакета продемонстрировать работу предложенной механической системы с люфтом.
9. С помощью гладкой модели реле и любого прикладного пакета нарисовать фазовый портрет системы с одним реле на плоскости (в программе должна быть возможность менять пороговые значения, начальные значения, параметры системы и промежутки работы).
10. С помощью гладкой модели реле и любого прикладного пакета нарисовать график решения системы с одним реле на плоскости (в программе должна быть возможность менять пороговые значения, начальные значения, параметры системы и промежутки работы).

11. С помощью гладкой модели реле и любого прикладного пакета продемонстрировать закон изменения тока в предложенной (последовательное соединение) релейной системе (в программе должна быть возможность менять пороговые значения, начальные значения и промежутки работы).
12. С помощью гладкой модели упора и любого прикладного пакета продемонстрировать работу предложенной электрической цепи со "стабилизатором" напряжения на входе (в программе должна быть возможность менять закон подаваемого напряжения, предельные значения стабилизатора и промежутки работы).
13. С помощью гладкой модели реле и любого прикладного пакета продемонстрировать закон изменения температуры нагревателя с термореле (в программе должна быть возможность менять пороговые значения, температуру окружающей среды и промежутки работы).
14. С помощью гладкой модели люфта и любого прикладного пакета продемонстрировать работу предложенной механической системы с люфтом.

19.3.5 Темы курсовых работ

1. Замкнутая система с реле.
2. Теорема о локальной разрешимости системы с М- переключателем.
3. Пример системы с бесконечным числом переключений.
4. Замкнутая система с гистерезисным элементом типа упора.
5. О ψ -устойчивости решений обобщенных динамических систем.
6. ψ -устойчивость поведения "регулятора температуры"
7. Система с одним реле на плоскости. Критерий периодичности решений.
8. Теорема о близости.
9. Оценка близости к решениям системы с локально явным описанием реле.

19.3.6 Темы докладов

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.