



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.01 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Направление подготовки: *09.06.01 Информатика и вычислительная техника*
Направленность (профиль): *Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ*
Квалификация (степень): *Исследователь. Преподаватель-исследователь*
Форма обучения: *очная*
Институт: *математики, естествознания и техники*
Кафедра: *математического моделирования и компьютерных технологий*

	очная форма	заочная форма
Курс	2	
Семестр	4	

Лекции	18	
Лабораторные занятия		
Практические (семинарские) занятия		
Контроль	Зачет	
Самостоятельная работа	18	

Всего часов: 36

Трудоемкость: 1 зачетная единица.

Разработчик(и) рабочей программы:

доктор физико-математических наук, доцент О.Н. Масина

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель изучения дисциплины: ознакомление с методами анализа устойчивости и управляемости динамических систем, задаваемых нечеткими дифференциальными уравнениями, дифференциальными включениями и стохастическими дифференциальными уравнениями; формирование представления о современном состоянии и проблемах методов анализа устойчивости недетерминированных динамических моделей.

Задачи изучения дисциплины: получение обучающимися представления о методах исследования устойчивости динамических моделей, описываемых дифференциальными включениями, нечеткими дифференциальными уравнениями и стохастическими дифференциальными уравнениями, изучение системного подхода к исследованию устойчивости и управляемости моделей, описываемых дифференциальными уравнениями различных типов.

Место дисциплины в структуре ОПОП: реализуется в рамках вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Готовность к осуществлению самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области направленности (профиля) программы аспирантуры	Знать: - современные тенденции и проблематику научных исследований в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ; - методологические подходы к планированию и осуществлению научных исследований в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ; - основы оценки качества научных исследований в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ.	Знает: – методы анализа устойчивости и управляемости динамических систем, задаваемых нечеткими дифференциальными уравнениями, дифференциальными включениями и стохастическими дифференциальными уравнениями; – современное состояние и проблемы методов анализа устойчивости недетерминированных динамических моделей.
	Уметь: - планировать и осуществлять самостоятельную научно-исследовательскую деятельность в области ма-	Умеет: – применять методы анализа устойчивости и управляемости недетерминированных динамических моделей.

	<p>тематического моделирования, численных методов и комплексов программ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - составлять и оформлять программу научного исследования, отчетную документацию по итогам проведения научно-исследовательской деятельности; - осуществлять внедрение результатов собственной научно-исследовательской деятельности в практику в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ. 	
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками планирования и выполнения самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ; - методикой планирования и проведения опытно-экспериментальной работы в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ; - навыками оформления научной работы, ее презентации и защиты в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ. 	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками системного подхода к исследованию устойчивости и управляемости моделей, описываемых дифференциальными уравнениями различных типов.

II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Очная форма обучения

№ п/ п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	Раздел 1. Дифференциальные включения, нечеткие дифференциальные уравнения и условия устойчивости	24	12			12
1	Тема 1. Дифференциальные включения и условия устойчивости	8	4			4
2	Тема 2. Нечеткие дифференциальные уравнения и условия устойчивости	8	4			4
3	Тема 3. Системный подход к исследованию устойчивости и управляемости моделей, описываемых дифференциальными уравнениями различных типов	8	4			4
	Раздел 2. Стохастические уравнения и условия устойчивости	12	6			6
4	Тема 4. Линейные стохастические уравнения и условия устойчивости	4	2			2
5	Тема 5. Нелинейные стохастические уравнения и условия устойчивости	4	2			2
6	Тема 6. Стохастические функционально-дифференциальные уравнения и условия устойчивости	4	2			2
	<i>Форма отчетности</i>	Зачет				
	<i>Итого за 4 семестр</i>	36	18			18
	ИТОГО:	36	18			18

Заочная форма обучения (не реализуется)

III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы, реферата.

Типовой вариант контрольной работы

1. Показать, что функция

$$V = \frac{1}{2}(3x_1^2 - 2x_1x_2 + x_2^2)$$

является положительно определенной.

2. С помощью функций Ляпунова исследовать на устойчивость тривиальное решение систем:

$$1) \begin{cases} \dot{x} = -x + y - 3xy^2 - \frac{1}{4}x^3, \\ \dot{y} = -\frac{1}{3}x - \frac{1}{2}y - 2y^3; \end{cases} \quad 2) \begin{cases} \dot{x} = y - 3x^3, \\ \dot{y} = -x - 7y^3; \end{cases}$$

3. Исследовать устойчивость нулевого решения системы $x' = y, y' = -x^3 - ay$.

Примерная тематика рефератов

1. Локализация предельного множества нечеткой полудинамической системы
2. Условия устойчивости и асимптотической устойчивости для нечеткой полудинамической системы.
3. Принцип сравнения для нечеткого дифференциального уравнения.
4. Аккретивные дифференциальные включения и условия устойчивости.
5. Применение принципа сведения задачи об устойчивости дифференциального включения к задаче об устойчивости других типов уравнений для изучения устойчивости некоторых типов динамических систем.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета с использованием следующих оценочных материалов: перечень вопросов к зачету.

Вопросы к зачету (4 семестр, очная форма обучения)

1. Понятие неавтономного дифференциального включения с допустимой правой частью. Движение и решение дифференциального включения. Непрерывное и равномерно непрерывное решения включения.
2. Устойчивость движения относительно включения.
3. Устойчивость решения дифференциального включения.
4. Устойчивость и устойчивость в малом замкнутого множества относительно включения.
5. Функция Ляпунова и производная функции Ляпунова для замкнутого множества относительно включения.
6. Теоремы об устойчивости и асимптотической устойчивости в малом замкнутого множества относительно включения.
7. Понятие нечеткого дифференциального уравнения (НДУ). Решение НДУ.
8. Устойчивость и устойчивость в малом решения НДУ.
9. Устойчивость и устойчивость в малом замкнутого множества относительно НДУ.
10. Функция Ляпунова и производная функции Ляпунова для замкнутого множества относительно НДУ.
11. Теоремы об устойчивости замкнутого множества для дифференциального включения.
12. Теоремы об устойчивости замкнутого множества для неавтономного НДУ.
13. Принцип сведения задачи об устойчивости решений дифференциальных включений к задаче об устойчивости решений нечетких дифференциальных уравнений.
14. Универсальная ключевая математическая модель для изучения устойчивости и управляемости систем, представленных различными типами дифференциальных уравнений.
15. Теоремы об устойчивости стохастического уравнения и соответствующего ему нечеткого уравнения.
16. Понятие линейного стохастического дифференциального уравнения.

17. Теоремы об устойчивости и асимптотической устойчивости по вероятности и почти наверное стохастического дифференциального уравнения.
18. Понятие нелинейного стохастического дифференциального уравнения.
19. Теоремы об устойчивости и асимптотической устойчивости по вероятности и почти наверное нелинейного стохастического дифференциального уравнения.
20. Понятие стохастического функционально-дифференциального уравнения.
21. Теоремы об устойчивости и асимптотической устойчивости по вероятности и почти наверное нулевого решения стохастического функционально-дифференциального уравнения.

IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Методы идентификации нечетких и стохастических систем / С.В. Соколов, С.М. Ковалев, П.А. Кучеренко, Ю.А. Смирнов. – Москва : Физматлит, 2017. – 574 с. : граф., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485508> (дата обращения: 01.09.2020). – Библиогр.: с. 536-555. – ISBN 978-5-9221-1768-5. – Текст : электронный.
2. Кляцкин, В.И. Очерки по динамике стохастических систем : монография / В.И. Кляцкин. – Москва : КРАСАНД, 2012. – 442 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467671> (дата обращения: 01.09.2020). – ISBN 978-5-396-00434-4. – Текст : электронный.

Дополнительная литература

1. Игонина Е.В., Масина О.Н., Дружинина О.В. Анализ устойчивости динамических систем на основе методов интеллектуального управления и свойств линейных матричных неравенств. Монография. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2020. – 174 с. http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-10/1602700872_igonina-novoe-monografiya-2020.pdf
2. Масина О.Н., Петров А.А., Дружинина О.В., Рапопорт Л.Б. Моделирование и стабилизация нелинейных управляемых систем. Учебное пособие. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2020. – 117 с. http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-10/1602700693_masina_2novoe_posobie_2020.pdf
3. Масина О.Н., Дружинина О.В., Рапопорт Л.Б. Элементы теории устойчивости математических моделей управляемых систем. Учебное пособие. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. – 143 с. http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-04/1586241874_maket_masina_druzhinina_rapoport.pdf

V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Ссылка на	Наименование разработки в электрон-	Доступность
---	-----------	-------------------------------------	-------------

пп	информационный ресурс	ной форме	
1.	https://www.intuit.ru/	Национальный открытый университет - организация, предоставляющая с помощью собственного сайта услуги дистанционного обучения по нескольким образовательным программам, многие из которых касаются информационных технологий. Сайт содержит несколько сотен открытых образовательных курсов, по прохождении которых можно бесплатно получить электронный сертификат. Также возможно платное получение сертификатов о повышении квалификации. Кроме того, организация действует как издательство, выпуская учебную литературу по курсам.	Свободный доступ

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	http://www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	www.garant.ru	Гарант.РУ – информационно-правовой портал	Свободный доступ.
3.	www.elibrary.ru	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ
4.	www.consultant.ru	Российская компьютерная справочно-правовая система	Свободный доступ

VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.