

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

«*Чуприс*» 2019 г.

Регистрационный № УД 4917/уч.

Анализ динамических систем и процессов

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:**

1-31 81 08 Компьютерная математика и системный анализ

2019 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 81 08-2013 и учебных планов УВО № G31-250/уч., № G31з-266/уч., от 26.05.2017.

СОСТАВИТЕЛИ:

О.А. Лаврова, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

Д.Н. Чергинец, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

Н.Л. Щеглова, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета (протокол №9 от 06.06.2019);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 28.06.2019).

Зав. кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа, профессор



В.И.Громак

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины «Анализ динамических систем и процессов» является подготовка специалистов, способных использовать, с одной стороны, фундаментальные математические знания, с другой – навыки и умения компьютерного моделирования при проведении прикладных исследований в области анализа динамических систем и процессов.

Задачи учебной дисциплины:

- развитие навыков применения теоретических знаний при решении прикладных задач;
- приобретение практических навыков исследования систем и процессов в среде компьютерных математических приложений;
- использование математических и компьютерных методов исследований при анализе современных естественнонаучных, экономических, социально-политических процессов;
- приобретение способностей самостоятельного расширения компьютерных математических знаний и их использование при анализе математических и компьютерных моделей широкого круга прикладных задач.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина «Анализ динамических систем и процессов» относится к циклу дисциплин специальной подготовки компонента учреждения высшего образования и является дисциплиной по выбору магистранта. Её преподавание связано с дисциплиной компонента учреждения высшего образования «Дифференциальные уравнения в приложениях».

Требования к компетенциям

В результате изучения дисциплины «Анализ динамических систем и процессов» студент должен обладать следующими академическими, социально-личностными и профессиональными компетенциями.

Академические компетенции:

АК-1. Осуществлять самостоятельную научно-исследовательскую деятельность (включая анализ, сопоставление, систематизацию, абстрагирование, моделирование, проверку достоверности данных, принятие решений и др.).

АК-2. Применять методологические знания и исследовательские умения, обеспечивающие постановку и решение задач научно-педагогической и учебно-методической, научно-исследовательской, научно-производственной, организационно-управленческой и инновационной деятельности.

АК-3. Использовать междисциплинарный подход при решении проблем.

АК-4. Применять технические устройства и компьютеры, использовать базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для решения профессиональных задач.

АК-5. Постоянно повышать свою квалификацию.

Социально – личностные компетенции:

СЛК-1. К Сотрудничать и работать в команде.

СЛК-3. Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности.

СЛК-4. Пользоваться одним из государственных языков Республики Беларусь и иным иностранным языком как средством делового общения.

СЛК-5. Формировать и аргументировать собственные суждения и профессиональную позицию.

СЛК-6. Проявлять инициативу и креативность, в том числе в нестандартных ситуациях.

СЛК-7. Адаптироваться к новым ситуациям социально-профессиональной деятельности, реализовывать накопленный опыт, свои возможности.

Профессиональные компетенции:

ПК-1. Проводить учебные занятия в учреждениях среднего специального и высшего образования.

ПК-2. Разрабатывать и использовать современное учебно-методическое обеспечение.

ПК-3. Осваивать и внедрять в учебный процесс инновационные образовательные технологии.

ПК-6. Осуществлять мониторинг образовательного процесса, диагностику учебных и воспитательных результатов.

ПК-7. Квалифицированно проводить научные исследования в области математики и информационных технологий.

ПК-8. Уметь на практике использовать результаты научных исследований.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-10. Разрабатывать практические рекомендации по использованию научных исследований, планировать и проводить экспериментальные исследования, исследовать патентоспособность и показатели технического уровня разработок программного обеспечения информационных систем, разрабатывать научно-техническую документацию.

ПК-12. Применять современные методологии, формализованные языки и нотации, программные средства для построения и описания моделей процессов, данных, объектов.

ПК-15. Превращать информацию в знания, их применять и делиться полученными результатами.

ПК-16. Принимать оптимальные управленческие решения.

В результате изучения учебной дисциплины студент магистратуры должен: **знать:**

– фундаментальные математические понятия в области анализа динамических систем и процессов;

– подходы и методы анализа динамических систем и процессов;

– идеологию и принципы работы в системе *Mathematica*;

- возможности визуализации исследований;

уметь:

- использовать базовые математические знания для анализа динамических систем и процессов;
- использовать современные методы компьютерного моделирования для анализа динамических систем и процессов;
- проводить анализ результатов исследований, строить информационные модели в среде *Mathematica*;
- самостоятельно расширять компьютерные математические знания с дальнейшим их использованием при построении и анализе математических и компьютерных моделей широкого круга теоретических и прикладных задач;

владеть:

- математическими и компьютерными методами исследований динамических систем и процессов;
- языками программирования и пакетами для анализа динамических систем и процессов.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 3 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Анализ динамических систем и процессов» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 160 часов, в том числе 60 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, практические – 20 часов, лабораторные занятия – 20 часов;
- для заочной формы получения высшего образования – всего 160 часов, в том числе 20 аудиторных часов, из них лекции – 8 часов, практические – 6 часов, лабораторные занятия – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Компьютерная математическая среда для анализа систем и процессов

Обзор современных компьютерных математических приложений. Среда символьного пакета *Mathematica*: идеология и принципы работы. Визуализация и графика. Импорт и экспорт данных. Динамическая интерактивность, CDF технологии. Технологии представления результатов исследования.

Тема 2. Основные понятия, методы и приемы построения и исследования моделей.

Понятие динамической системы. Классификация по основным признакам: с непрерывным и дискретным временем, нелинейные и линейные. Модели с непрерывным временем. Модели с дискретным временем.

Тема 3. Анализ динамических систем с непрерывным временем

Системы первого порядка: одномерное уравнение, векторное поле (поток), фазовый портрет и фазовая точка, неподвижная точка, ее тип, линеаризация системы. Логистическое уравнение. Бифуркации и их типы, бифуркационное значение, бифуркационная диаграмма, нормальная форма бифуркации, катастрофы, диаграмма устойчивости. Поток на окружности, равномерные, неравномерные и вынужденные колебания, период колебаний, фазовый замок, дрейф фазы.

Системы второго порядка: линейные системы, устойчивое и неустойчивое многообразие, фазовая плоскость, типы неподвижных точек, топологическая эквивалентность фазовых портретов. Консервативные и диссипативные системы, обратимые системы. Индекс кривой и индекс точки. Предельные циклы. Системы Лъенара, релаксационные колебания, слабые нелинейные колебания.

Тема 4. Динамические системы с дискретным временем

Оператор эволюции дискретной динамической системы. Решения дискретных систем. Неподвижные точки и циклы. Фазовые портреты линейных систем. Топологическая классификация линейных систем. Устойчивость решений. Некоторые распространенные модели популяционной динамики.

Тема 5. Элементы нелинейной динамики

Структурно устойчивые системы. Элементы теории бифуркаций. Понятие о стохастической нелинейной динамике. Хаос в динамических системах.

Тема 6. Анализ некоторых динамических систем

Модели Ван-дер-Поля, Релея, Лъенара. Модель Хенона. Модель Лоренца.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Анализ динамических систем и процессов	20	20		20			
1.	Компьютерная математическая среда для анализа систем и процессов.	4			4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
2.	Основные понятия, методы и приемы построения и исследования моделей.	2	4					Отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой, собеседование
3.	Анализ динамических систем с непрерывным временем.	4	4		4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой

4.	Динамические системы с дискретным временем.	2	4		4		Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой
5.	Элементы нелинейной динамики.	4	4		4		Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой
6.	Анализ некоторых динамических систем.	4	4		4		Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Заочная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Анализ динамических систем и процессов	8	6		6			
1.	Компьютерная математическая среда для анализа систем и процессов.	1			1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование
2.	Основные понятия, методы и приемы построения и исследования моделей.	1	1					Отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой, собеседование
3.	Анализ динамических систем с непрерывным временем.	2	1		1			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, отчет по домашним практическим упражнениям с их устной

							защитой
4.	Динамические системы с дискретным временем.	1	1		1		Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой
5.	Элементы нелинейной динамики.	2	1		1		Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой
6.	Анализ некоторых динамических систем.	1	2		2		Отчет по лабораторной работе с устной защитой, собеседование, отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. Теория колебаний. М.: Наука, 1981.
2. М. Г. Юмагулов. Введение в теорию динамических систем. СПб.: Издательство "Лань", 2015.
3. А. С. Братусь, А. С. Новожилов, А. П. Платонов. Динамические системы и модели биологии. 2011.
4. *S. Lynch. Dynamical Systems with Applications using Mathematica. Birkhauser, 2007.*
5. Мачулис В. В. Динамические системы. Специальный курс. Часть 1: Учебное пособие. Тюмень, Вектор-бук, 2005.
6. Секованов, В.С. Элементы теории дискретных динамических систем: учебное пособие / В. С. Секованов. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2017

Перечень дополнительной литературы

1. Арнольд В. И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1978.
2. B. Barnes, G. R. Fulford. *Mathematical Modelling with Case Studies: A differential equation approach using Maple and MATLAB. Second Edition, CRC Press, 2008.*
3. G. Vries, T. Hillen, M. Lewis, J. Mueller, B. Schoenfisch. *A course in mathematical biology: quantitative modeling with mathematical and computational methods. SIAM, 2006.*
4. Современные динамические задачи в атомной энергетике и методы их решения / Д. Ф. Алиев [и др.]. - Изд. стер. - Москва: URSS: ЛЕНАНД, 2019.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Контроль работы магистранта проходит в форме собеседования, а также в форме выполнения лабораторных работ в компьютерном классе и самостоятельно вне аудитории с предоставлением отчета по лабораторной работе с ее устной защитой. Задания к лабораторным и практическим работам составляются согласно содержанию учебного материала.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Анализ динамических систем и процессов» учебным планом предусмотрен экзамен.

Экзамен по дисциплине проходит в устной форме.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- отчеты по лабораторным работам – 30 %;
- отчеты по домашним практическим упражнениям – 40 %;
- контроль выполнения лабораторной работы в аудитории – 30 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Весовой коэффициент текущей успеваемости – 0.4, весовой коэффициент экзаменационной оценки – 0.6.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

При организации образовательного процесса используется **эвристический подход**, который предполагает

- демонстрацию системного подхода к многообразию решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает

- освоение содержание образования через решение практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При организации образовательного процесса используется **метод проектного обучения**, который предполагает:

- способ организации учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта;
- приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.

Примерная тематика лабораторных работ

1. Компьютерная математическая среда для анализа систем и процессов.
2. Классические модели с непрерывным и дискретным временем.
3. Системы первого порядка. Линеаризация, фазовые портреты, устойчивость.
4. Системы первого порядка. Бифуркации, их типы.
5. Бифуркации и катастрофы в модели взрывного роста популяции насекомых.
6. Динамика некоторых простых осцилляторов в приложениях.
7. Фазовые портреты двумерных динамических систем.
8. Анализ консервативных систем.
9. Анализ обратимых систем.
10. Замкнутые орбиты и теория индексов.
11. Анализ моделей конкуренции.
12. Анализ системы Лъенара.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- работы, предусматривающие решение задач и выполнение упражнений, выдаваемых на лабораторных занятиях;
- подготовка отчета по лабораторной работе.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы УВО по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
 _____ (название кафедры) (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

_____ (ученая степень, ученое звание)

_____ (подпись)

_____ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ (ученая степень, ученое звание)

_____ (подпись)

_____ (И.О.Фамилия)