

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
цифровых технологий



С.Д.Кургалин  
30.06.2018 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.ДВ.06.02 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНЕРГЕТИКИ**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

02.03.01 Математика и компьютерные науки

**2. Профиль подготовки/специализация:** распределённые системы и искусственный интеллект

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** цифровых технологий

**6. Составители программы:** Запрягаев Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом факультета компьютерных наук (протокол № 6 от 25.06.2018)

**8. Учебный год:** 2020-2021

**Семестр(ы):** 5

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** обучение студентов построению математических моделей случайных явлений, изучаемых естественными науками, экологией и экономикой, анализу этих моделей, развитие у студентов навыков интерпретации получаемых результатов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** дисциплина относится к вариативной части блока Б1. Для успешного освоения дисциплины требуется предварительное изучение математического анализа, теории вероятностей, математической статистики и основ программирования. В курсе обучающиеся знакомятся с основными концепциями современной общенаучной картины мира. Изучаются элементы теории линейных процессов в открытых системах (модели гармонических и линейных осцилляторов различной природы; основные понятия теории линейных волн), а также простейшие модели нелинейных процессов. Большое внимание уделяется качественному описанию синергетических процессов. Курс закладывает у студентов основы междисциплинарного мышления, формирует представление о единстве явлений в открытых системах различной природы.

**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	
ОПК-2	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	<p>знать: математический аппарат современной теории синергетики; принципы построения и анализа математических моделей синергетики;</p> <p>уметь: доказывать основные положения и решать стандартные задачи;</p> <p>владеть: навыками интерпретации получаемых результатов.</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации:** 5 семестр – зачёт с оценкой.

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		5 сем.
Аудиторные занятия	66	66
в том числе:		
лекции	34	34
практические	16	16
лабораторные	16	16
Самостоятельная работа	78	78
Экзамен		
Итого:	144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение. Понятие синергетики	Смысл понятия. История возникновения самостоятельного научного направления. Трудности признания синергетики. Дифференциация науки и синергетика. Основание теории (теория колебаний и волн, теория автоволн, теория бифуркаций и катастроф, теория динамического хаоса, термодинамика открытых систем и т.д.), каркас (математика), инструменты (вычислительная техника, эксперименты, обобщения).
1.2	Моделирование – универсальный инструмент синергетики	Понятие модели и моделирования. Типы моделей, их происхождение. Особая роль математических моделей. Одинаковые модели явлений и процессов – общее в системах различной природы.
1.3	Математические понятия.	Характерные масштабы и масштабы наблюдения (масштабы процессов в физических и социальных системах. Численные значения характеризующих систему величин. Переменные и параметры. Функция; табличное, графическое и аналитическое представление. Динамический и статистический подходы к описанию объектов и явлений (детерминизм, случайность, непредсказуемость).
1.4	Динамическая система	Фазовая плоскость, фазовое пространство, изображающая точка, фазовая траектория. Динамические системы с дискретным временем: отображения, диаграмма Ламерея. Динамические системы с непрерывным временем: производная и скорость, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных. Динамические системы со сосредоточенными и распределенными параметрами. Линейность и нелинейность. Линейность и нелинейность функций и уравнений. Принцип суперпозиции. Линия, поверхность, фрактал. Примеры фракталов.
1.5	Колебания	Основные определения и понятия. Колебания маятника. Модель гармонического осциллятора и модель линейного осциллятора с затуханием. Основные характеристики колебаний (частота, период, амплитуда, фаза). Фазовая плоскость, фазовая траектория, аттракторы, репеллеры, фазовый портрет. Колебания в экономике и истории. Колебания климата на Земле. Колебания в геологических, биологических и химических системах. Явление резонанса. Автоколебания: основные понятия, примеры автоколебательных систем различной природы. Хаотические колебания, динамический хаос.
1.6	Волновые процессы	Различные определения понятия «волна». Основные характеристики волн (частота, амплитуда, длина волны, волновое число, фазовая и групповая скорость). Волны на воде. Спектр океанических волн. Дисперсия. Солитоны. Ударные волны. Автоволны. Волновые процессы в геологии. Волны в социальных системах (волны эпидемий).
1.7	Бифуркации	Основные определения. Состояния равновесия. Устойчивость и неустойчивость. Мультистабильность. Влияние на динамическую систему малых изменений управляющих параметров. Влияние малых флуктуаций в окрестности точки бифуркации.
1.8	Фракталы в науках о Земле	Линия, поверхность, фрактал. Примеры фракталов. Основные понятия теории фракталов. Фрактальная размерность.

		Фрактальные объекты в геологических объектах. Фрактальная размерность трещин усыхания. Фрактальная размерность овражно-балочных сетей. Бассейны рек с точки зрения теории фракталов.
1.9	Клеточные автоматы и процессы образования структур	Игра «жизнь» как простейшая модель для описания процессов структурообразования. Основные правила игры «Жизнь». Некоторые основные конфигурации игры «Жизнь». Искусственная жизнь (Artificial Life). Структуры в молекулярных наносистемах
<b>2. Лабораторные и практические занятия</b>		
2.1	Введение. Понятие синергетики	Смысл понятия. История возникновения самостоятельного научного направления. Трудности признания синергетики. Дифференциация науки и синергетика. Основание теории (теория колебаний и волн, теория автоволн, теория бифуркаций и катастроф, теория динамического хаоса, термодинамика открытых систем и т.д.), каркас (математика), инструменты (вычислительная техника, эксперименты, обобщения).
2.2	Моделирование – универсальный инструмент синергетики	Понятие модели и моделирования. Познавательная роль моделей. Типы моделей их происхождение. Особая роль математических моделей. Одинаковые модели явлений и процессов – общее в системах различной природы.
2.3	Математические понятия.	Характерные масштабы и масштабы наблюдения (масштабы процессов в физических и социальных системах. Численные значения характеризующих систему величин. Переменные и параметры. Функция; табличное, графическое и аналитическое представление. Динамический и статистический подходы к описанию объектов и явлений (детерминизм, случайность, непредсказуемость).
2.4	Динамическая система	Фазовая плоскость, фазовое пространство, изображающая точка, фазовая траектория. Динамические системы с дискретным временем: отображения, диаграмма Ламерея. Динамические системы с непрерывным временем: производная и скорость, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных. Динамические системы со сосредоточенными и распределенными параметрами. Линейность и нелинейность. Линейность и нелинейность функций и уравнений. Принцип суперпозиции. Линия, поверхность, фрактал. Примеры фракталов.
2.5	Колебания	Основные определения и понятия. Колебания маятника. Модель гармонического осциллятора и модель линейного осциллятора с затуханием. Основные характеристики колебаний (частота, период, амплитуда, фаза). Фазовая плоскость, фазовая траектория, аттракторы, репеллеры, фазовый портрет. Колебания в экономике и истории. Колебания климата на Земле. Колебания в геологических, биологических и химических системах. Явление резонанса. Автоколебания: основные понятия, примеры автоколебательных систем различной природы. Хаотические колебания, динамический хаос.
2.6	Волновые процессы	Различные определения понятия «волна». Основные характеристики волн (частота, амплитуда, длина волны, волновое число, фазовая и групповая скорость). Волны на воде. Спектр океанических волн. Дисперсия. Солитоны. Ударные волны. Автоволны. Волновые процессы в геологии. Волны в социальных системах (волны эпидемий).
2.7	Бифуркации	Основные определения. Состояния равновесия. Устойчивость и неустойчивость. Мультистабильность. Влияние на

		динамическую систему малых изменений управляющих параметров. Влияние малых флуктуаций в окрестности точки бифуркации.
2.8	Фракталы в науках о Земле	Линия, поверхность, фрактал. Примеры фракталов. Основные понятия теории фракталов. Фрактальная размерность. Фрактальные объекты в геологических объектах. Фрактальная размерность трещин усыхания. Фрактальная размерность овражно-балочных сетей. Бассейны рек с точки зрения теории фракталов.
2.9	Клеточные автоматы и процессы образования структур	Игра «жизнь» как простейшая модель для описания процессов структурообразования. Основные правила игры «Жизнь». Некоторые основные конфигурации игры «Жизнь». Искусственная жизнь (Artificial Life). Структуры в молекулярных наносистемах

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение. Понятие синергетика	2	0	0	8	10
2	Моделирование – универсальный инструмент синергетики	2	0	0	8	10
3	Математические понятия.	2	0	0	8	10
4	Динамическая система	6	4	4	10	24
5	Колебания	6	4	4	10	24
6	Волновые процессы	4	2	2	10	18
7	Бифуркации	4	2	2	8	16
8	Фракталы в науках о Земле	4	2	2	8	16
9	Клеточные автоматы и процессы образования структур	4	2	2	8	16
	Итого:	34	16	16	78	144

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

- рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- методические указания и пособия;
- контрольные задания для закрепления теоретического материала;
- электронные версии учебников и методических указаний для выполнения практических работ.

Форма организации самостоятельной работы: подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий; выполнение контрольных работ.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Шапиро, С. В. Основы синергетики : учебное пособие / С.В. Шапиро. — Уфа : Уфимский государственный университет экономики и сервиса, 2012. — 228 с. — <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272504">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272504</a> >.
2	Липкин, А. И. Концепции современного естествознания : курс лекций. 1. Науки о неживом (физика, химия, синергетика) / А.И. Липкин. — М. Берлин : Директ-Медиа, 2015. — 151 с. — <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272963</a> >. — <URL: <a href="http://doi.org/10.23681/272963">http://doi.org/10.23681/272963</a> >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Безручко Б.П., Короновский А.А., Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Путь в синергетику: Экскурс в десяти лекциях. Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 304 с. (Синергетика: от прошлого к будущему). ISBN: 978-5-397-01016-0

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
5	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> –ЗНБ ВГУ

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Шапиро, С. В. Основы синергетики : учебное пособие / С.В. Шапиро. — Уфа : Уфимский государственный университет экономики и сервиса, 2012. — 228 с. — <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272504">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272504</a> >.

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

#### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: лекционная аудитория, компьютерный класс с необходимым программным обеспечением.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	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)
ОПК-2	Знать: математический аппарат современной теории синергетики; принципы построения и анализа математических моделей синергетики.	Разделы 1-9	Письменный опрос
	Уметь: доказывать основные положения и решать стандартные задачи.	Разделы 1-9	Лабораторные работы 1-8
	Владеть: навыками интерпретации полученных результатов.	Разделы 1-9	Лабораторные работы 1-8
<b>Промежуточная аттестация</b>			По результатам текущих аттестаций

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

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание математического аппарата современной теории синергетики; принципов построения и анализа математических моделей синергетики;
- 2) умение доказывать основные положения и решать стандартные задачи;
- 3) владение навыками интерпретации получаемых результатов.

Для оценивания результатов обучения на зачёте с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Обучающийся демонстрирует высокий уровень владения материалом, ориентируется в предметной области, верно отвечает на все дополнительные вопросы.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному или двум из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Допускаются ошибки при воспроизведении части теоретических положений.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трём из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Сформированные знания основных понятий, определений и теорем, изучаемых в курсе, не всегда полное их понимание с затруднениями при воспроизведении.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым четырём из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные знания (либо их отсутствие) основных понятий, определений и теорем, используемых в курсе.	–	Неудовлетворительно

### **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 для письменного опроса**

1. Введение. Понятие «синергетика». Смысл понятия. История возникновения самостоятельного научного направления. Дифференциация науки и синергетика. Основания теории (теория колебаний и волн, теория бифуркаций и катастроф, теория динамического хаоса).
2. Моделирование – универсальный инструмент синергетики. Понятие модели и моделирования. Познавательная роль моделей. Типы моделей их происхождение. Особая роль математических моделей. Одинаковые модели явлений и процессов – общее в системах различной природы.
3. Математические понятия. Характерные масштабы и масштабы наблюдения (масштабы процессов в физических и социальных системах). Численные значения характеризующих систему величин. Переменные и параметры. Динамический и статистический подходы к описанию объектов и явлений.
4. Динамическая система. Фазовая плоскость, фазовое пространство, изображающая точка, фазовая траектория. Динамические системы с непрерывным временем: производная и скорость, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных. Линейность и нелинейность. Принцип суперпозиции.
5. Колебания. Основные определения и понятия. Колебания маятника. Модель гармонического осциллятора и модель линейного осциллятора с затуханием. Основные характеристики колебаний (частота, период, амплитуда, фаза). Фазовая плоскость, фазовая траектория, аттракторы, фазовый портрет. Колебания в экономике и истории. Колебания климата на Земле. Колебания в геологических, биологических и химических системах. Явление резонанса. Автоколебания: основные понятия, примеры автоколебательных систем различной природы.
6. Волновые процессы. Различные определения понятия «волна». Основные характеристики волн (частота, амплитуда, длина волны, волновое число, фазовая и групповая скорость). Волны на воде.
7. Бифуркации. Основные определения. Состояния равновесия. Устойчивость и неустойчивость. Влияние на динамическую систему малых изменений управляющих параметров. Влияние малых флуктуаций в окрестности точки бифуркации.
8. Фракталы. Линия, поверхность, фрактал. Примеры фракталов. Основные понятия теории фракталов. Фрактальная размерность.
9. Клеточные автоматы и процессы образования структур. Игра «жизнь» как простейшая модель для описания процессов структурообразования. Основные правила игры «Жизнь». Некоторые основные конфигурации игры «Жизнь». Структуры в молекулярных наносистемах.

### **19.3.2 Перечень лабораторных работ**

1. Линейные математические модели.
2. Линейный осциллятор.
3. Нелинейный осциллятор.
4. Математические модели бифуркаций.
5. Модели автоколебаний.
6. Модели предельных циклов.
7. Моделирование волновых процессов.
8. Моделирование фрактальных объектов.

### **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: письменного опроса и контрольных работ. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования, а также в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе контроля знаний на факультете компьютерных наук ВГУ.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.