

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.07 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНЕРГЕТИКИ**

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

02.03.01 Математика и компьютерные науки

**2. Профиль подготовки/специализация:** квантовая теория информации

**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:** 2021-2022

**Семестр(ы):** 8

**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>
ОПК-4	Способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем.	<p>знать: алгоритмы, используемые при моделировании случайных явлений;</p> <p>уметь: реализовывать изученные алгоритмы;</p> <p>владеть: навыками квалифицированного отбора конкретных алгоритмов для решения прикладных задач.</p>

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

**Форма промежуточной аттестации:** 8 семестр – зачёт с оценкой.

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		7 сем.
Аудиторные занятия	36	36
в том числе:	18	18
лекции		
практические		

лабораторные	18	18
Самостоятельная работа	36	36
Экзамен		
Итого:	72	72

### 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 Лангема. 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 эпиде-

		мий).
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 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. 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 Лангема. 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 синергетики	2		0	4	6
2	Моделирование – универсальный инструмент синергетики	2		0	4	6
3	Математические понятия.	2		0	4	6
4	Динамическая система	2		4	4	10
5	Колебания	2		4	4	10
6	Волновые процессы	2		4	4	10
7	Бифуркации	2		2	4	8

8	Фракталы в науках о Земле	2		2	4	8
9	Клеточные автоматы и процессы образования структур	2		2	4	8
	Итого:	18		18	36	72

#### 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	Избранные вопросы курса концепции современного естествознания : учебное пособие для вузов / И.С. Гудович ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009. 40 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	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
3	<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	Избранные вопросы курса концепции современного естествознания : учебное пособие для вузов / И.С. Гудович ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009. 40 с.

#### 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, оборудованная мультимедийным проектором, компьютерный класс.

## 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 получаемых результатов.	Разделы 1-9	Лабораторные работы 1-8
ОПК-4	Знать: алгоритмы, используемые при моделировании случайных явлений.	Разделы 1-9	Письменный опрос
	Уметь: реализовывать изученные алгоритмы.	Разделы 1-9	Лабораторные работы 1-8
	Владеть: навыками квалифицированного отбора конкретных алгоритмов для решения прикладных задач.	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 зачёте с оценкой используются следующие показатели:

- 1) знание математического аппарата современной теории синергетики; принципов построения и анализа математических моделей синергетики;
- 2) знание алгоритмов, используемых при моделировании случайных явлений;
- 3) умение доказывать основные положения и решать стандартные задачи;
- 4) умение реализовывать изученные алгоритмы;
- 5) владение навыками интерпретации получаемых результатов;
- 6) владение навыками квалифицированного отбора конкретных алгоритмов для решения прикладных задач.

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

<p>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.</p>	<p>Пороговый уровень</p>	<p>Удовлетворительно</p>
<p>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.</p>	<p>–</p>	<p>Неудовлетворительно</p>

### **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.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

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