

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 01 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Введение в синергетику  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 01.04.02 Прикладная математика и информатика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Хемобиодинамика и биоинформатика  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Ознакомление с одним из наиболее перспективных междисциплинарных подходов – теории самоорганизации сложных систем и формирование основополагающих представлений о динамических явлениях. Изучить методы и подходы нелинейной динамики для решения задач динамического анализа для объяснения явлений и процессов в различных областях естествознания; овладеть практическими навыками системного использования математического аппарата нелинейной динамики при решении стандартных задач динамического анализа.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

динамический и статистический подходы к описанию систем различной природы; фазовый портрет динамической системы; качественная теория дифференциальных уравнений, используемая для анализа нестационарных процессов в динамических системах; классификация и структура аттракторов динамических систем, их характеристик; понятийный и математический аппарат теории бифуркаций, описывающей ветвление стационарных и нестационарных решений дифференциальных уравнений при изменении параметра.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знать: концептуальные и теоретические основы теории динамических систем, основные законы нелинейной динамики и теории бифуркаций; историю развития этой дисциплины как теории, и её место в математике и современном естествознании.	Знает классические результаты и последние достижения в механике жидкости, физико-химической гидродинамике, геномики и биоинформатике;	Дифференцированный зачет
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Уметь: использовать методы и подходы нелинейной динамики для решения задач анализа открытых диссипативных систем для объяснения явлений и процессов.	Умеет обосновывать выбор и творчески применять современные методы математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики;	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеть: методами математического анализа при решении стандартных задач динамического анализа.	Владеет навыками разработки и анализа новых математических моделей сложных систем и процессов для междисциплинарных задач, сформулированных на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.	Дифференцированный зачет

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
1-й семестр				
Предмет синергетики	4	0	8	12
Термодинамика открытых систем. Динамическая система. Фазовое пространство				
Колебания и волны	4	0	10	12
Автоколебания. Нелинейные волны. Солитоны				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Принципы самоорганизации	4	0	10	14
Модель Лотки-Вольтерра. Брюсселятор. Система Лоренца.				
Бифуркации	2	0	4	8
Бифуркационный анализ. Логистическое отображение				
Фракталы	2	0	4	8
Фрактальная размерность. Фрактальное строение природы				
Клеточные автоматы	0	0	0	0
Клеточные автоматы и моделирование динамики биологических популяций				
ИТОГО по 1-му семестру	16	0	36	54
ИТОГО по дисциплине	16	0	36	54

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Анализ фазового портрета математического маятника
2	Линейный гармонический осциллятор
3	Бифуркационный анализ модели маятника
4	Модель Лотки-Вольтерра
5	Генератор Ван Дер Поля
6	Реакция Белоусова-Жаботинского
7	Модель брюсселятора
8	Аттрактор Лоренца
9	Логистическое отображение

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Паршаков А. Н. Введение в синергетику : курс лекций / А. Н. Паршаков, Д. А. Брацун. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2019.	5
2	Путь в синергетику. Экскурс в десяти лекциях / Б.П. Безручко [и др.]. - М.: КомКнига, URSS, 2005.	1
3	Трубецков Д. И. Введение в теорию самоорганизации открытых систем / Д. И. Трубецков, Е. С. Мчедлова, Л. В. Красичков. - Москва: Физматлит, 2005.	5
4	Трубецков Д.И. Введение в синергетику. Хаос и структуры / Д.И. Трубецков. - М.: УРСС, 2004.	1

5	Хакен Герман Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии : Пер. с нем / ГерманХакен. - М.; Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2003.	1
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Макаров Е. Инженерные расчёты в Mathcad 15 : учебный курс / Е. Макаров. - Санкт-Петербург[и др.]: Питер, 2011.	11
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Мурашкин Инженерные и научные расчеты в программном комплексе Math-CAD : Учебное пособие / В. Г. Мурашкин. - Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2011.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks83455">http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks83455</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	Ноутбук, проектор	1

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Введение в синергетику»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 01.04.02. «Прикладная математика и информатика»

**Направленность (профиль) образовательной программы:** Хемобиодинамика и биоинформатика

**Квалификация выпускника:** магистр

**Выпускающая кафедра:** Прикладная физика  
**Форма обучения:** очная

**Курс:** 1 **Семестр:** 1

**Трудоёмкость:**  
Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.  
**Форма промежуточной аттестации:**  
Зачет: 1 семестр

Пермь - 2023 г.



**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	С	ТО	ПЗ	Т/КР		Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>Знать:</b> концептуальные и теоретические основы теории динамических систем, основные законы нелинейной динамики и теории бифуркаций; историю развития этой дисциплины как теории, и её место в математике и современном естествознании.						
<b>Освоенные умения</b>						
<b>Уметь:</b> использовать методы и подходы нелинейной динамики для решения задач анализа открытых						

диссипативных систем для объяснения явлений и процессов						
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>Владеть:</b> методами математического анализа при решении стандартных задач динамического анализа.						

С – собеседование по теме;

ТО – теоретический опрос;

Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа);

ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

## **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **2.4. Темы индивидуальных заданий на самостоятельную работу по курсу «Введение в синергетику»**

ТЕМА № 1. Моделирование линейного и нелинейного осцилляторов

ТЕМА № 2. Исследование экологической динамики в модели «хищник-жертва» Лотки-Вольтерра

ТЕМА № 3. Моделирование генератора Ван дер Поля

ТЕМА № 4. Волна Римана

ТЕМА № 5. Уединенные волны. Солитоны

ТЕМА № 6. Исследование странного аттрактора Лоренца

ТЕМА № 7. Исследование модели брюсселятора

ТЕМА № 8. Исследование логистического отображения

## **2.5. Вопросы к зачету для магистров спец. ХЕБИ Дисциплина «Введение в синергетику»**

1. Введение. Предмет синергетики. Основные понятия. Динамическая система. Фазовое пространство.

2. Гармонический осциллятор и его фазовый портрет. Осциллятор с затуханием.
3. Нелинейный осциллятор и его фазовое пространство.
4. Автоколебательные системы. Груз на быстро движущейся ленте. Понятие «отрицательного трения».
5. Генератор Ван-дер-Поля. Уравнение Ван-дер-Поля. Предельные циклы.
6. Решение уравнения Ван-дер-Поля при разной степени нелинейности. Аттракторы.
7. Нелинейные волны. Одноволновое уравнение и его решение.
8. Распространение простых волн. Волна Римана.
9. Ударные волны. Уравнение Бюргерса и его решение.
10. Уравнение Кортевега-де Фриза. Уединенные волны. Солитоны
11. Модель Лотки-Вольтерра и ее анализ.
12. Брюсселятор. Уравнения динамики и их устойчивость.
13. Система уравнений Лоренца. Ячейки Бенара.
14. Одномодовый лазер. Уравнения его динамики и их сведение к уравнениям Лоренца.
15. Странный аттрактор Лоренца.
16. Бифуркации и катастрофы. Логистическая модель. Бифуркации удвоения периода
17. Детерминированный (динамический) хаос.
18. Детерминированный хаос в биологических системах.
19. Понятие фрактала. Топологическая размерность. Размерность Хаусдорфа-Безиковича.
20. Примеры фракталов - пыль Кантора, снежинка Кох, кривая Гилберта, салфетка Серпинского и их размерности. Длина береговой линии.
21. Клеточные автоматы. Моделирование динамики биологических популяций.

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент

формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.