

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

« 30 » 03

2022

Г.Ю. Нагорная



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Синергетика и фракталы

Уровень образовательной программы \_\_\_\_\_ бакалавриат

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 01.03.04 Прикладная математика

Направленность (профиль) \_\_\_\_\_ Прикладная математика

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная

Срок освоения ОП \_\_\_\_\_ 4 года

Институт \_\_\_\_\_ Прикладной математики и информационных технологий

Кафедра разработчик РПД \_\_\_\_\_ Математика

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ Математика

Начальник  
учебно-методического управления

\_\_\_\_\_

Семенова Л.У.

Директор института ПМ и ИТ

\_\_\_\_\_

Тебуев Д.Б.

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_

Кочкаров А.М.

г. Черкесск, 2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Цели освоения дисциплины.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Планируемые результаты обучения по дисциплине.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Структура и содержание дисциплины.....</b>	<b>6</b>
4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	6
4.2. Содержание дисциплины.....	7
4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля.....	7
4.2.2. Лекционный курс.....	8
4.2.3. Лабораторный практикум.....	9
4.2.4. Практические занятия.....	9
4.3. Самостоятельная работа обучающегося.....	10
<b>5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>11</b>
<b>6. Образовательные технологии.....</b>	<b>16</b>
<b>7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины..</b>	<b>17</b>
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы.....	17
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	18
7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение.....	18
<b>8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....</b>	<b>18</b>
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий.....	18
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся.....	19
8.3. Требования к специализированному оборудованию.....	19
<b>9. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.....</b>	<b>20</b>
<b>Приложение 1. Паспорт фонда оценочных средств.....</b>	<b>21</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы.....</b>	<b>45</b>
<b>Рецензия на рабочую программу.....</b>	<b>46</b>
<b>Лист переутверждения рабочей программы дисциплины.....</b>	<b>47</b>

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Синергетика и фракталы» является формирование у обучающихся современных понятий о процессах развития и самоорганизации сложных систем произвольной природы, овладение основами синергетики, ее математическими методами и компьютерными методами исследований в этой области.

Основными **задачами** изучения дисциплины являются:

1. способность использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования.
2. способность к самостоятельной работе.
3. способность применять знания и навыки управления информацией.
4. способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Дисциплина «Синергетика и фракталы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули), имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1.	Теория графов и комбинаторика	Преддипломная практика

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

№ п/п	Номер/ индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4
1.	ПК-1	Способен понимать и применять современный математический аппарат	ПК-1.1 Выявляет различные методы математического аппарата для решения прикладных задач различной направленности ПК-1.2 Способен осуществлять анализ математических методов, производить классификацию этих методов в решении прикладных задач различной направленности ПК-1.3 Собирает и систематизирует исходные данные для дальнейшей обработки различными математическими методами

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

###### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		№ 5	
		Часов	
1	2	2	
<b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>	72	72	
В том числе:	-	-	
Лекции (Л)	36	36	
Практические занятия (ПЗ)	36	36	
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	
<b>Контактная внеаудиторная работа в том числе:</b>	1,7	1,7	
Индивидуальные и групповые консультации	1,7	1,7	
<b>Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)</b>	34	34	
<i>Работа с книжными источниками</i>	8	8	
<i>Работа с электронными источниками</i>	8	8	
<i>Реферат</i>	6	6	
<i>Подготовка к практическим занятиям</i>	6	6	
<i>Подготовка к тестированию</i>	6	6	
<b>Промежуточная аттестация</b>	Зачет (З), в том числе:	3	3
	Прием зачета, час	0,3	0,3
<b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>			
	<b>Часов</b>	108	108
	<b>зачетных единиц</b>	3	3

## 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущей и промежуточной аттестации
		Л	ЛР	ПЗ	СРО	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Семестр 5</b>							
1.	Раздел 1. Основные понятия нелинейной динамики. Методы теории возмущений	4		6	4	14	Коллоквиум, контрольные вопросы, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование
2.	Раздел 2. Теория хаоса	4		6	4	14	Коллоквиум, контрольные вопросы, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование
3	Раздел 3. Динамический хаос	4		4	4	12	Коллоквиум, контрольные вопросы, реферат, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование
4	Раздел 4. Фракталы и фрактальная размерность	8		6	6	20	Коллоквиум, контрольная работа, реферат, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование
5	Раздел 5. Структурный хаос	6		4	6	16	Коллоквиум, контрольные вопросы, индивидуальные задания к практическим занятиям, контрольная работа, тестирование
6	Раздел 6. Моделирование на базе временных рядов	4		6	4	14	Коллоквиум, контрольные вопросы, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование
7	Раздел 7. Экономические системы	6		4	6	16	Коллоквиум, контрольные вопросы, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование
8	Контактная внеаудиторная работа					1,7	индивидуальные и групповые консультации
10	Промежуточная аттестация					0,3	Зачет
	<b>Итого:</b>	<b>36</b>		<b>36</b>	<b>34</b>	<b>108</b>	

#### 4.2.2. Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 5</b>				
1.	Раздел 1. Основные понятия нелинейной динамики. Методы теории возмущений	Понятие осинергетике. Динамический хаос и самоорганизация.	Синергетика как новое мировоззрение. Основные понятия синергетики.	4
2.	Раздел 2. Теория хаоса	Понятия порядка хаоса в динамических системах	Понятие фазового пространства, траектории, аттрактора, бифуркации. Показатели Ляпунова	4
3.	Раздел 3. Динамический хаос	Логическое уравнение. Сценарий перехода от порядка к хаосу.	Удвоение периода. Динамические системы с числом измерений N-1 на примерах Энона, уравнений Лоренца.	4
		Постоянная Фейгенбаума	Бифуркационная диаграмма	
4.	Раздел 4. Фракталы и фрактальная размерность	Топологическая размерность. Способы задания фракталов.	Размерность Хаусфорда-Безиковича. Подобие и самоподобие. Классификация фракталов.	8
		Виды фрактальных размерностей.	Показатели Ляпунова. Способы задания фракталов. Вычисление показателей Ляпунова и их связь с фрактальной размерностью	
5.	Раздел 5. Структурный хаос	Фрактальный граф как средство моделирования структурного хаоса.	Временной хаос. Пространственный хаос.	6
6.	Раздел 6. Моделирование на базе временных рядов	Диагностика и реконструкция аттрактора.	Размерность вложения аттрактора.	4
7.	Раздел 7. Экономические системы	Классификация используемых моделей и методов	Теоретические и экспериментальные подходы к анализу экономических систем.	6

		Исследование типа поведения экономических моделей.	Теорема Шарковского. Анализ моделей с числом переменных $N > 1$ .	
		Исследование экономических систем методами имитационного моделирования.	Построение экономической модели. Проведение эксперимента. Анализ результатов эксперимента	
<b>Итого часов в семестре:</b>				<b>36</b>

#### 4.2.3. Лабораторный практикум (не предусмотрен)

#### 4.2.4. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Содержание практического занятия	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 5</b>				
1.	Раздел 1. Основные понятия нелинейной динамики. Методы теории возмущений	Понятие о синергетике. Динамический хаос и самоорганизация.	Синергетика как новое мировоззрение. Основные понятия синергетики.	6
2.	Раздел 2. Теория хаоса	Понятия порядка хаоса в динамических системах	Понятие фазового пространства, траектории, аттрактора, бифуркации. Показатели Ляпунова	6
3.	Раздел 3. Динамический хаос	Логическое уравнение. Сценарий перехода от порядка к хаосу.	Удвоение периода. Динамические системы с числом измерений $N-1$ на примерах Энона, уравнений Лоренца.	4
4.		Постоянная Фейгенбаума	Бифуркационная диаграмма	
5.	Раздел 4. Фракталы и фрактальная размерность	Топологическая размерность. Способы задания фракталов.	Размерность Хаусфорда-Безиковича. Подобие и самоподобие. Классификация фракталов.	6



6.		Виды фрактальных размерностей.	Показатели Ляпунова. Способы задания фракталов. Вычисление показателей Ляпунова и их связь с фрактальной размерностью	
7.	Раздел 5. Структурный хаос	Фрактальный граф как средство моделирования структурного хаоса.	Временной хаос. Пространственный хаос.	4
8.	Раздел 6. Моделирование на базе временных рядов	Диагностика и реконструкция аттрактора.	Размерность вложения аттрактора.	6
9.	Раздел 7. Экономические системы	Классификация используемых моделей и методов	Теоретические и экспериментальные подходы к анализу экономических систем.	4
10.		Исследование типа поведения экономических моделей.	Теорема Шарковского. Анализ моделей с числом переменных $N > 1$ .	
11.		Исследование экономических систем методами имитационного моделирования.	Построение экономической модели. Проведение эксперимента Анализ результатов эксперимента	
<b>Итого часов в семестре:</b>				<b>36</b>

#### 4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2		3	4
<b>Семестр 5</b>				
1.	Раздел 1. Основные понятия нелинейной динамики. Методы теории возмущений	1.1	Работа с книжными источниками. Работа с электронными источниками. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестированию	4
2.	Раздел 2. Теория хаоса	2.1	Работа с книжными источниками. Работа с электронными источниками. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестированию	4
3.	Раздел 3. Динамический хаос	3.1	Работа с книжными источниками. Работа с электронными источниками. Подготовка к практическим занятиям Подготовка к тестированию	2

		3.2	Реферат	2
4.	Раздел 4. Фракталы и фрактальная размерность	4.1	Работа с книжными источниками. Работа с электронными источниками. Подготовка к практическим занятиям Подготовка к тестированию	2
		4.2	Реферат	4
5.	Раздел 5. Структурный хаос	5.1	Работа с книжными источниками. Работа с электронными источниками. Подготовка к практическим занятиям Подготовка к тестированию	6
6.	Раздел 6. Моделирование на базе временных рядов	6.1	Работа с книжными источниками. Работа с электронными источниками. Подготовка к практическим занятиям Подготовка к тестированию	4
7.	Раздел 7. Экономические системы	7.1	Работа с книжными источниками. Работа с электронными источниками.	2
		7.2	Подготовка к практическим занятиям	2
		7.3	Подготовка к тестированию	2
<b>Итого часов в семестре:</b>				<b>34</b>

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям

Лекция является основной формой обучения в высшем учебном заведении. Записи лекций в конспектах должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте рекомендуется применять сокращение слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникающие в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю.

Работа над конспектом лекции осуществляется по этапам:

- повторить изученный материал по конспекту;
- непонятные положения отметить на полях и уточнить;
- неоконченные фразы, пропущенные слова и другие недочеты в записях устранить, пользуясь материалами из учебника и других источников;
- завершить техническое оформление конспекта (подчеркивания, выделение главного, выделение разделов, подразделов и т.п.).

Самостоятельную работу следует начинать с доработки конспекта, желательно в тот же день, пока время не стерло содержание лекции из памяти. Работа над конспектом не должна заканчиваться с прослушивания лекции. После лекции, в процессе самостоятельной работы, перед тем, как открыть тетрадь с конспектом, полезно мысленно восстановить в памяти содержание лекции, вспомнив ее структуру, основные положения и выводы.

С целью доработки необходимо прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения, возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополнения и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Еще лучше, если вы переработаете конспект, дадите его в

новой систематизации записей. Это, несомненно, займет некоторое время, но материал вами будет хорошо проработан, а конспективная запись его приведена в удобный для запоминания вид. Введение заголовков, скобок, обобщающих знаков может значительно повысить качество записи. Этому может служить также подчеркивание отдельных мест конспекта красным карандашом, приведение на полях или на обратной стороне листа краткой схемы конспекта и др.

Подготовленный конспект и рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Подготовка сводится к внимательному прочтению учебного материала, к выводу с карандашом в руках всех утверждений и формул, к решению примеров, задач, к ответам на вопросы, предложенные в конце лекции преподавателем или помещенные в рекомендуемой литературе. Примеры, задачи, вопросы по теме являются средством самоконтроля.

Непременным условием глубокого усвоения учебного материала является знание основ, на которых строится изложение материала. Обычно преподаватель напоминает, какой ранее изученный материал и в какой степени требуется подготовить к очередному занятию. Эта рекомендация, как и требование систематической и серьезной работы над всем лекционным курсом, подлежит безусловному выполнению. Потери логической связи как внутри темы, так и между ними приводит к негативным последствиям: материал учебной дисциплины перестает основательно восприниматься, а творческий труд подменяется утомленным переписыванием. Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний. Неоднократное обращение к пройденному материалу является наиболее рациональной формой приобретения и закрепления знаний. Очень полезным, но, к сожалению, еще мало используемым в практике самостоятельной работы, является предварительное ознакомление с учебным материалом. Даже краткое, беглое знакомство с материалом очередной лекции дает многое. Обучающиеся получают общее представление о ее содержании и структуре, о главных и второстепенных вопросах, о терминах и определениях. Все это облегчает работу на лекции и делает ее целеустремленной.

## **5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям (не предусмотрено)**

## **5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям**

В процессе подготовки и проведения практических занятий обучающиеся закрепляют полученные ранее теоретические знания, приобретают навыки их практического применения, опыт рациональной организации учебной работы.

Поскольку активность на практических занятиях является предметом внутрисеместрового контроля его продвижения в освоении курса, подготовка к таким занятиям требует ответственного отношения.

При подготовке к занятию в первую очередь должны использовать материал лекций и соответствующих литературных источников. Самоконтроль качества подготовки к каждому занятию осуществляют, проверяя свои знания и отвечая на вопросы для самопроверки по соответствующей теме.

Входной контроль осуществляется преподавателем в виде проверки и актуализации знаний обучающихся по соответствующей теме.

Выходной контроль осуществляется преподавателем проверкой качества и полноты выполнения задания.

Подготовку к практическому занятию каждый обучающийся должен начать с

ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала, а затем изучение обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме.

Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности обучающегося свободно ответить на теоретические вопросы, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий. Предлагается следующая опорная схема подготовки к практическим занятиям.

Обучающийся при подготовке к практическому занятию может консультироваться с преподавателем и получать от него наводящие разъяснения, задания для самостоятельной работы.

1. Ознакомление с темой практического занятия. Выделение главного (основной темы) и второстепенного (подразделы, частные вопросы темы).

2. Освоение теоретического материала по теме с опорой на лекционный материал, учебник и другие учебные ресурсы. Самопроверка: постановка вопросов, затрагивающих основные термины, определения и положения по теме, и ответы на них.

3. Выполнение практического задания. Обнаружение основных трудностей, их решение с помощью дополнительных интеллектуальных усилий и/или подключения дополнительных источников информации.

#### **5.4. Методические указания по подготовке к тестированию**

Тестирование является одной из форм оценки полученных знаний и занимает важное место в учебном процессе.

Цель тестирования состоит не только в систематическом контроле за знанием, но и в развитии умения и навыков обучающихся анализировать, обобщать наиболее существенные связи, признаки, проблемы экономических процессов и явлений.

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Синергетика и фракталы» тестирование проводится по всем темам в процессе проведения занятия. Тестирование проводится для оценки знания текущего материала. На тестирование отводится 20 минут. При прохождении тестирования пользоваться конспектами лекций, учебниками, рабочими тетрадями не разрешается. Оценка результатов тестирования происходит на занятии. Для успешного прохождения тестирования рекомендуется прежде всего, посмотреть конспект лекций, практических занятий, а также рекомендованную учебную литературу по соответствующей теме дисциплины, по которой проводится тестирование знаний.

#### **5.5. Методические указания к проведению устного опроса (коллоквиума)**

На занятиях контроль знаний обучающихся осуществляется в виде фронтальной и индивидуальной проверки. При фронтальном опросе за короткое время проверяется состояние знаний обучающихся всей группы по определенному вопросу или группе вопросов. Индивидуальный устный опрос позволяет выявить правильность ответа по содержанию, его последовательность, самостоятельность суждений и выводов, степень развития логического мышления, культуру речи обучающихся. Эта форма применяется для текущего и тематического учета, а также для отработки и развития экспериментальных умений обучающихся.

Причем устную проверку считают эффективной, если она направлена на выявление осмысленности восприятия знаний и осознанности их использования, если она стимулирует самостоятельность и творческую активность обучающихся.

Устный опрос осуществляется на занятиях, хотя оценивать знания обучающихся не

обязательно. Главным в контроле знаний является определение проблемных мест в усвоении учебного материала и фиксирование внимания обучающихся на сложных понятиях, явлениях, процессах.

## **5.6. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

### **Работа с литературными источниками и интернет ресурсами**

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме.

Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

### **Подготовка презентации и реферата**

Для подготовки презентации рекомендуется использовать: PowerPoint, MS Word, Acrobat Reader, LaTeX-овский пакет beamer. Самая простая программа для создания презентаций – Microsoft PowerPoint. Для подготовки презентации необходимо собрать и обработать начальную информацию.

Последовательность подготовки презентации:

1. Четко сформулировать цель презентации: вы хотите свою аудиторию мотивировать, убедить, заразить какой-то идеей или просто формально отчитаться.
2. Определить каков будет формат презентации: живое выступление (тогда, сколько будет его продолжительность) или электронная рассылка (каков будет контекст презентации).
3. Отобрать всю содержательную часть для презентации и выстроить логическую цепочку представления.
4. Определить ключевые моменты в содержании текста и выделить их.
5. Определить виды визуализации (картинки) для отображения их на слайдах в соответствии с логикой, целью и спецификой материала.
6. Подобрать дизайн и форматировать слайды (количество картинок и текста, их расположение, цвет и размер).
7. Проверить визуальное восприятие презентации.

К видам визуализации относятся иллюстрации, образы, диаграммы, таблицы. Иллюстрация - представление реально существующего зрительного ряда. Образы – в отличие от иллюстраций - метафора. Их назначение - вызвать эмоцию и создать отношение к ней, воздействовать на аудиторию. С помощью хорошо продуманных и представляемых образов, информация может надолго остаться в памяти человека. Диаграмма - визуализация количественных и качественных связей. Их используют для убедительной демонстрации данных, для пространственного мышления в дополнение к логическому. Таблица - конкретный, наглядный и точный показ данных. Ее основное назначение - структурировать информацию, что порой облегчает восприятие данных аудиторией.

Практические советы по подготовке презентации готовьте отдельно:

- печатный текст + слайды + раздаточный материал;
- слайды - визуальная подача информации, которая должна содержать минимум текста, максимум изображений, несущих смысловую нагрузку, выглядеть наглядно и просто;
- текстовое содержание презентации – устная речь или чтение, которая должна включать аргументы, факты, доказательства и эмоции;
- рекомендуемое число слайдов 17-22;
- обязательная информация для презентации: тема, фамилия и инициалы выступающего; план сообщения; краткие выводы из всего сказанного; список использованных источников;
- раздаточный материал – должен обеспечивать ту же глубину и охват, что и живое выступление: люди больше доверяют тому, что они могут унести с собой, чем исчезающим изображениям, слова и слайды забываются, а раздаточный материал остается постоянным осязаемым напоминанием; раздаточный материал важно раздавать в конце презентации; раздаточный материалы должны отличаться от слайдов, должны быть более информативными.

Тема реферата должна быть согласована с преподавателем и соответствовать теме учебного занятия. Материалы при его подготовке, должны соответствовать научно-методическим требованиям вуза и быть указаны в докладе. Необходимо соблюдать регламент, оговоренный при получении задания. Иллюстрации должны быть достаточными, но не чрезмерными.

Работа обучающегося над докладом-презентацией включает отработку умения самостоятельно обобщать материал и делать выводы в заключении, умения ориентироваться в материале и отвечать на дополнительные вопросы слушателей, отработку навыков ораторства, умения проводить диспут.

Докладчики должны знать и уметь: сообщать новую информацию; использовать технические средства; хорошо ориентироваться в теме всего семинарского занятия; дискутировать и быстро отвечать на заданные вопросы; четко выполнять установленный регламент (не более 10 минут); иметь представление о композиционной структуре доклада и др.

### **Структура выступления**

Выступление помогает обеспечить успех выступления по любой тематике. Выступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели

### **Промежуточная аттестация**

По итогам 5 семестра проводится зачет. При подготовке к сдаче зачета рекомендуется пользоваться материалами практических занятий и материалами, изученными в ходе текущей самостоятельной работы.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ семестра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов
1	2	3	4	5
1	5	<i>Лекция:</i> «Понятие о синергетике. Динамический хаос и самоорганизация».	Обзорная лекция. Лекция - презентация	2
		<i>Лекция</i> «Фрактальный граф как средство моделирования структурного хаоса»	Лекция–информация. Презентация	2
2	5	<i>Практическое занятие:</i> Топологическая размерность. Способы задания фракталов	Тематический семинар, использование компьютерных технологий для выполнения практических работ, контрольная работа	4
3	5	<i>Практическое занятие:</i> Исследование типа поведения экономических моделей	Тематический семинар, использование компьютерных технологий для выполнения практических работ, тестирование	2

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература

1. Каданцев, В. Н. Устойчивость и эволюция динамических систем. Основы синергетики. Часть 1 : учебное пособие / В. Н. Каданцев. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 205 с. — ISBN 978-5-4487-0448-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/79686.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Каданцев, В. Н. Устойчивость и эволюция динамических систем. Основы синергетики. Часть 2 : учебное пособие / В. Н. Каданцев. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 210 с. — ISBN 978-5-4487-0449-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/79687.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Шеремет, Г. Г. Геометрические преобразования и фрактальная геометрия : учебник / Г. Г. Шеремет. — Пермь : Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, 2013. — 188 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/32031.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

#### Дополнительная литература

1. Божокин, С. В. Фракталы и мультифракталы / С. В. Божокин, Д. А. Паршин. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-4344-0780-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92075.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Грегори-Вильямс, Джастин Торговый хаос: Увеличение прибыли методами технического анализа / Джастин Грегори-Вильямс, Билл Вильямс ; перевод И. Евстигнеева. — 4-е изд. — Москва : Альпина Паблишер, 2019. — 310 с. — ISBN 978-5-9614-5185-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/82550.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Князева, Е.Н. Основания синергетики: Синергетическое мировидение [Текст]: учеб. пособие/ Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов.- 3-е изд, доп.- М.: ЛИБРОКОМ, 2010.- 256 с.
4. Малинецкий, Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент [Текст]: учеб. пособие/ Г.Г. Малинецкий.- 7-е изд.- М.: ЛИБРОКОМ, 2012.- 312 с.
5. Тренькин, А. А. Введение в теорию фракталов. Математические аспекты и некоторые физические приложения : учебное издание / А. А. Тренькин. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2007. — 40 с. — ISBN 978-5-9515-0088-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/60841.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
6. Вернер, Эбелинг Хаос и космос: синергетика эволюции / Эбелинг Вернер, Файстель Райнер ; перевод А. Логунов. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика, 2019. — 336 с. — ISBN 978-5-4344-0630-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92023.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей



## 7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека.- URL: <http://elibrary.ru>

## 7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

Лицензионное программное обеспечение	Реквизиты лицензий/ договоров
Microsoft Azure Dev Tools for Teaching 1. Windows 7, 8, 8.1, 10 2. Visual Studio 2008, 2010, 2013 5. Visio 2007, 2010, 2013 6. Project 2008, 2010, 2013 7. Access 2007, 2010, 2013 и т. д.	Идентификатор подписчика: 1203743421 Срок действия: 30.06.2022 (продление подписки)
MS Office 2003, 2007, 2010, 2013	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073 Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный сертификат Серийный № 8DVG-V96F-H8S7-NRBC Срок действия: с 20.10.2022 до 22.10.2023
Цифровой образовательный ресурс IPRsmart	Лицензионный договор № 10423/23П от 30.06.2023 г. Срок действия: с 01.07.2023 г. до 01.07.2024 г.

Свободное программное обеспечение:  
7-Zip, Lazarus, winPython, Free Pascal.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

#### 1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа

Специализированная мебель:

Кафедра настольная - 1шт., стол преподавательский - 1шт., стул мягкий - 1шт., парты - 16шт., стулья - 32шт., доска меловая - 1шт., шкаф двухдверный - 1шт.

Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации:

Экран на штативе – 1 шт.

Проектор – 1 шт.

Ноутбук – 1 шт.

#### 2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Специализированная мебель:

Стол преподавательский - 1шт., стул мягкий - 1шт., доска меловая - 1шт., парты - 10шт., компьютерные столы - 11шт., стулья - 21 шт.,

Лабораторное оборудование, технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории:

Персональный компьютер – 11шт.

Экран рулонный настенный – 1 шт.

Проектор – 1 шт.

### **3. Помещение для самостоятельной работы**

Отдел обслуживания печатными изданиями

Специализированная мебель: Рабочие столы на 1 место – 21 шт. Стулья – 55 шт. Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: экран настенный – 1 шт.

Проектор – 1 шт. Ноутбук – 1 шт.

Информационно-библиографический отдел.

Специализированная мебель:

Рабочие столы на 1 место - 6 шт. Стулья - 6 шт.

Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ФГБОУ ВО «СевКавГА»:

Персональный компьютер – 1 шт. Сканер – 1 шт. МФУ – 1 шт.

Отдел обслуживания электронными изданиями Специализированная мебель:

Рабочие столы на 1 место – 24 шт. Стулья – 24 шт.

Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации:

Интерактивная система - 1 шт. Монитор – 21 шт. Сетевой терминал -18 шт. Персональный компьютер -3 шт. МФУ – 2 шт. Принтер –1шт.

### **8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся**

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Рабочие места обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом в сеть Интернет, предназначенные для работы в цифровом образовательном ресурсе.

### **8.3. Требования к специализированному оборудованию**

нет

## **9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной учебной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Синергетика и фракталы»**

# 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Синергетика и фракталы

### 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
ПК-1	Способен понимать и применять современный математический аппарат

### 2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы ) дисциплины	ПК-1
Раздел 1. Основные понятия нелинейной динамики. Методы теории возмущений	+
Раздел 2. Теория хаоса	+
Раздел 3. Динамический хаос.	+
Раздел 4. Фракталы и фрактальная размерность	+
Раздел 5. Структурный хаос.	+
Раздел 6. Моделирование на базе временных рядов	+
Раздел 7. Экономические системы.	+

### 3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины ПК-1-Способен понимать и применять современный математический аппарат

Индикаторы достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
ПК-1.1 Выявляет различные методы математического аппарата для решения прикладных задач различной направленности	Не может выявлять различные методы математического аппарата для решения прикладных задач различной направленности	Частично выявляет различные методы математического аппарата для решения прикладных задач различной направленности	Может выявлять с небольшими ошибками различные методы математического аппарата для решения прикладных задач различной направленности	Может выявлять различные методы математического аппарата для решения прикладных задач различной направленности	Коллоквиум, контрольные вопросы, контрольная работа, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование, реферат	Зачет
ПК-1.2 Способен осуществлять анализ математических методов, производить классификацию этих методов в решении прикладных задач различной направленности	Не способен осуществлять анализ математических методов, производить классификацию этих методов в решении прикладных задач различной направленности	Частично способен осуществлять анализ математических методов, производить классификацию этих методов в решении прикладных задач различной направленности	Способен осуществлять с небольшими ошибками анализ математических методов, производить классификацию этих методов в решении прикладных задач различной направленности	Способен осуществлять анализ математических методов, производить классификацию этих методов в решении прикладных задач различной направленности	Коллоквиум, контрольные вопросы, контрольная работа, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование, реферат	Зачет
ПК-1.3 Собирает и систематизирует исходные данные для дальнейшей обработки различными математическими методами	Не может собирать и систематизировать исходные данные для дальнейшей обработки различными математическими методами	Частично может собирать и систематизировать исходные данные для дальнейшей обработки различными математическими методами	Может собирать и систематизировать исходные данные для дальнейшей обработки различными математическими методами	Отлично может собирать и систематизировать исходные данные для дальнейшей обработки различными математическими методами	Коллоквиум, контрольные вопросы, контрольная работа, индивидуальные задания к практическим занятиям, тестирование, реферат	Зачет

#### 4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине

##### Вопросы к зачету

по дисциплине «Синергетика и фракталы»

1. Предмет теории хаоса. Понятие порядка и хаоса в динамических системах.
2. Понятие фазового пространства, траектории, аттрактора, бифуркации.
3. Странный аттрактор: два механизма, лежащие в основе его существования. Показатели Ляпунова.
4. Логистическое уравнение. Сценарий перехода от порядка к хаосу.
5. Удвоение периода, постоянная Фейгенбаума.
6. Динамические системы с числом измерений  $N > 1$  на примере системы Эвона ( $N=1$ ) и системе уравнений Лоренца ( $N=3$ ). Динамические системы.
7. Фракталы как геометрические объекты.
8. Топологическая размерность. Размерность Хаусдорфа - Безиковича.
9. Подобие и самоподобие. Классификация фракталов.
10. Способы задания фракталов.
11. Виды фрактальных размерностей и способы их вычисления.
12. Вычисление показателей Ляпунова и их связь с фрактальной размерностью.
13. Классификация используемых моделей и методов.
14. Структурный хаос. Фрактальный граф как средство моделирования структурного хаоса.
15. Моделирование на базе временных рядов: диагностика и реконструкция аттрактора.
16. Исследование типа поведения экономических моделей. Теорема Шарковского.
17. Анализ моделей с числом переменных  $n > 1$ .
18. Исследование экономических систем методами имитационного моделирования и человеко-машинных экспериментов.
19. Простейшие динамические системы и их свойства.
20. Аттракторы динамических систем.
21. Типы фазовых портретов.
22. Универсальность в поведении нелинейных систем.
23. Определение синергетики.
24. Предмет теории хаоса. Понятие порядка и хаоса в динамических системах.
25. Понятие фазового пространства, траектории, аттрактора, бифуркации.
26. Странный аттрактор: два механизма, лежащие в основе его существования. Показатели Ляпунова.
27. Логистическое уравнение. Сценарий перехода от порядка к хаосу.
28. Удвоение периода, постоянная Фейгенбаума.
29. Динамические системы с числом измерений  $N > 1$  на примере системы

30. Как получаются геометрические фракталы.
31. Фазовой траекторией называется...
32. аттрактор Лоренца и логистическое уравнение.
33. Система уравнений Лоренца.
34. Размерность Хаусфорда-Безиковича.
35. Определение фрактала.



## Контрольные вопросы

по дисциплине «Синергетика и фракталы»

### Вопросы к разделу 1. Основные понятия нелинейной динамики. Методы теории возмущений

1. Определение синергетики.
2. Определение фрактала
3. Понятие фазового пространства, траектории, аттрактора, бифуркации.
4. Странный аттрактор: два механизма, лежащие в основе его существования.
5. Показатели Ляпунова.
6. Логистическое уравнение. Сценарий перехода от порядка к хаосу.

### Вопросы к разделу 2. Теория хаоса

1. Синергетика и информация.
2. Предмет теории хаоса.
3. Понятие порядка и хаоса в динамических системах.
4. Удвоение периода, постоянная Фейгенбаума.
5. Как получаются геометрические фракталы.
6. Фазовой траекторией называется...
7. Аттрактор Лоренца и логистическое уравнение
8. Система уравнений Лоренца
9. Размерность Хаусдорфа-Безиковича

### Вопросы к разделу 3. Динамический хаос.

1. Динамические системы с числом измерений  $N > 1$  на примере системы Эвона ( $N=1$ ) и системе уравнений Лоренца ( $N=3$ ). Динамические системы.
2. Простейшие динамические системы и их свойства.
3. Аттракторы динамических систем.
4. Динамические системы с числом измерений  $N > 1$  на примере системы

### Вопросы к разделу 4. Фракталы и фрактальная размерность

1. Фракталы как геометрические объекты.
2. Топологическая размерность. Размерность Хаусдорфа - Безиковича.
3. Подобие и самоподобие. Классификация фракталов.
4. Способы задания фракталов.
5. Виды фрактальных размерностей и способы их вычисления.

### Вопросы к разделу 5. Структурный хаос.

1. Моделирование на базе временных рядов: диагностика и реконструкция аттрактора.
2. Исследование типа поведения экономических моделей. Теорема Шарковского.
3. Анализ моделей с числом переменных  $n > 1$ .
4. Исследование экономических систем методами имитационного моделирования и человеко-машинных экспериментов.

#### **Вопросы к разделу 6. Моделирование на базе временных рядов**

1. Типы фазовых портретов.
2. Универсальность в поведении нелинейных систем.
3. Математическое моделирование систем.
4. Математические модели в синергетике
5. Математическое моделирование: вейвлетный анализ в синергетике.
6. Становление и развитие синергетики в работах Г. Хакена
7. Развитие неравновесной термодинамики в работах И. Р. Пригожина.
8. Новое представление о времени в работах И. Р. Пригожина
9. Самоорганизация открытых систем.

#### **Вопросы к разделу 7. Экономические системы.**

1. Автоволновые процессы
2. Модели самоорганизованной критичности
3. Гидродинамические неустойчивости и их модели в синергетике
4. Ячейки Бенара и их моделирование
5. Фракталы как математические объекты
6. Искусство, фракталы и синергетика

## Вопросы для коллоквиумов

по дисциплине «Синергетика и фракталы»

### Вопросы к разделу 1. Основные понятия нелинейной динамики. Методы теории возмущений

1. Определение синергетики.
2. Определение фрактала
3. Понятие фазового пространства, траектории, аттрактора, бифуркации.
4. Странный аттрактор: два механизма, лежащие в основе его существования.
5. Показатели Ляпунова.
6. Логистическое уравнение. Сценарий перехода от порядка к хаосу.

### Вопросы к разделу 2. Теория хаоса

1. Синергетика и информация.
2. Предмет теории хаоса.
3. Понятие порядка и хаоса в динамических системах.
4. Удвоение периода, постоянная Фейгенбаума.
5. Как получаются геометрические фракталы.
6. Фазовой траекторией называется
7. Аттрактор Лоренца и логистическое уравнение
8. Система уравнений Лоренца
9. Размерность Хаусдорфа-Безиковича

### Вопросы к разделу 3. Динамический хаос.

1. Динамические системы с числом измерений  $N > 1$  на примере системы Эвона ( $N=1$ ) и системе уравнений Лоренца ( $N=3$ ). Динамические системы.
2. Простейшие динамические системы и их свойства.
3. Аттракторы динамических систем.
4. Динамические системы с числом измерений  $N > 1$  на примере системы

### Вопросы к разделу 4. Фракталы и фрактальная размерность

1. Фракталы как геометрические объекты.
2. Топологическая размерность. Размерность Хаусдорфа - Безиковича.
3. Подобие и самоподобие. Классификация фракталов.
4. Способы задания фракталов.
5. Виды фрактальных размерностей и способы их вычисления.

### Вопросы к разделу 5. Структурный хаос

1. Моделирование на базе временных рядов: диагностика и реконструкция аттрактора.
2. Исследование типа поведения экономических моделей. Теорема Шарковского.
3. Анализ моделей с числом переменных  $n > 1$ .

4. Исследование экономических систем методами имитационного моделирования и человеко-машинных экспериментов.

#### **Вопросы к разделу 6. Моделирование на базе временных рядов**

1. Типы фазовых портретов.
2. Универсальность в поведении нелинейных систем.
3. Математическое моделирование систем.
4. Математические модели в синергетике
5. Математическое моделирование: вейвлетный анализ в синергетике.
6. Становление и развитие синергетики в работах Г. Хакена
7. Развитие неравновесной термодинамики в работах И. Р. Пригожина.
8. Новое представление о времени в работах И. Р. Пригожина
9. Самоорганизация открытых систем.

#### **Вопросы к разделу 7. Экономические системы**

1. Автоволновые процессы
2. Модели самоорганизованной критичности
3. Гидродинамические неустойчивости и их модели в синергетике
4. Ячейки Бенара и их моделирование
5. Фракталы как математические объекты
6. Искусство, фракталы и синергетика

## Комплект заданий для практической работы

по дисциплине «Синергетика и фракталы»

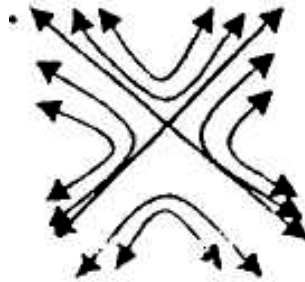
### Практическая работа

**Тема:** Простейшие динамические системы и их свойства. Аттракторы динамических систем. Типы фазовых портретов.

**Цель:** решение динамических систем с помощью дифференциальных уравнений.

**Содержание:**

- 1) устойчивый узел.
- 2) неустойчивый узел.
- 3) седло.
- 4) неустойчивый фокус.
- 5) устойчивый фокус.
- 6) предельный цикл.



**Содержание отчёта:**

подготовка программ в соответствии с заданием к практической работе.

**Форма отчёта:** произвольная.

### Практическая работа

**Тема:** В результате экономического анализа установлено, что поведение системы зависит от двух переменных  $X$  и  $Y$  и описывается системой линейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ax + by + s \\ \frac{dy}{dt} = cx + dy + p \end{cases}$$

**Цель:** определить тип динамической системы.

**Содержание:**

1. координаты точки равновесия системы в фазовом пространстве,
  - a. тип поведения системы: устойчивость, наличие аттрактора,
  - b. построить фазовый портрет системы схематически и путем построения четырех траекторий с различными значениями начальных условий.
- 1)  $a = 1, b = -1, s = 0, c = -4, d = -2, p = 0$
- 2)  $a = 1, b = -1, s = 2, c = -4, d = -2, p = -2$
- 3)  $a = 3, b = 2, s = 3, c = 1, d = 2, p = -5$
- 4)  $a = 4, b = 5, s = 0, c = -5, d = -4, p = 0$

$$5) a = 2, b = -2, s = -5, c = 1, d = -4, p = 1$$

$$6) a = -2, b = -2, s = 0, c = 1, d = -4, p = 0$$

**Содержание отчёта:**

подготовка программ в соответствии с заданием к практической работе.

**Форма отчёта: произвольная.**

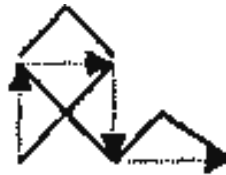
Практическая работа

**Тема: Построение фракталов**

**Цель:** построение геометрического фрактала

**Содержание:**

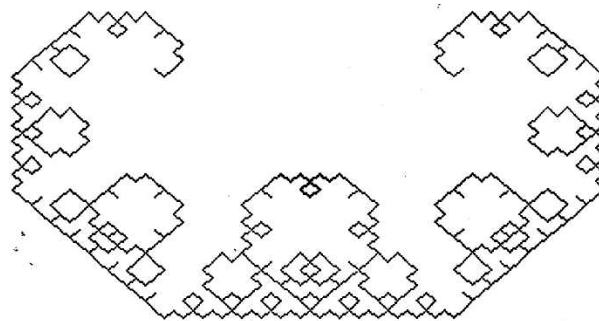
1) треугольный невод



2) кривая Леви



3) дракон Хартера-Хейтуэя



**Содержание отчёта:**

подготовка программ в соответствии с заданием к практической работе.

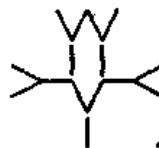
**Форма отчёта: произвольная.**

Практическая работа

**Тема: L-системы, как языки описания фракталов**

**Цель:** построение геометрического фрактала

**Содержание:** дихотомическое разветвление



## Содержание отчёта:

подготовка программ в соответствии с заданием к практической работе.

**Форма отчёта: произвольная.**

## Комплект заданий для контрольной работы

по дисциплине «Синергетика и фракталы»

### Вариант №1

Человек держит за конец резиновый жгут длиной 1 м, привязанный к дереву. У другого конца жгута сидит жук. Каждую секунду жук проползает 1 см по жгуту. Каждую секунду человек, держа конец жгута, удаляется от дерева на 1 м. Доползёт ли жук до человека? Если нет, то почему? Если да, то за какое время?

### Вариант №2

Рассмотрим логистическое отображение  $x_{n+1} = \alpha \cdot x_n (1 - x_n)$ . Известно, что это отображение становится хаотическим, когда управляющий параметр  $\alpha > 3.57$ . Найти показатель Ляпунова как функцию параметра  $\alpha$ .

### Вариант №3

Рассмотрим треугольное отображение:

$$x_{n+1} = \begin{cases} 2rx_n, & x_n < 1/2, \\ 2r - 2rx_n, & x_n \geq 1/2. \end{cases}$$

- 1) найти показатель Ляпунова как функцию параметра  $r$ ;
- 2) исследовать характер неподвижных точек при различных значениях параметра  $r$ ;
- 3) на основании результатов пунктов 1) и 2) сделать вывод о типах поведения последовательности итераций треугольного отображения в зависимости от значения параметра  $r$ .

### Вариант 4

Одной из немногих динамических систем, для которых свойства хаотической динамики удастся вычислить аналитически, является двумерное отображение, известное под названием «преобразование пекаря»:

$$x_{n+1} = 2x_n \pmod{1},$$
$$y_{n+1} = \begin{cases} ay_n, & 0 \leq x_n \leq 1/2, \\ 1/2 + ay_n, & 1/2 \leq x_n \leq 1. \end{cases}$$

где  $a < 1$ .

- 1) найти показатели Ляпунова  $\lambda_x, \lambda_y$ , характеризующие движения по  $x$  и  $y$  соответственно;
- 2) вычислить К-энтропию и фрактальную размерность аттрактора, используя показатели Ляпунова.

### Вариант 5

Оцепить, с помощью формулы Каилана-Йорки, фрактальную размерность аттракторов следующих динамических систем:

Система	Значения параметров	Спектр показателей Ляпунова	Размерность
Отображение Энона	$a=1,4$ $b=0,3$	$\lambda_1=0,418$ $\lambda_2=-1,636$	
Система Лоренца	$\sigma=16,0$ $r=45,92$ $b=4,0$	$\lambda_1=1,497$ $\lambda_2=0,00$ $\lambda_3=-22,458$	
Хаос Рёслера	$a=0,15$ $b=0,20$ $c=10,0$ $1$ $i$	$\lambda_1=0,09$ $\lambda_2=0,00$ $\lambda_3=-9.773$	



## Темы для рефератов

по дисциплине «Синергетика и фракталы»

1. Системы и системный анализ.
2. Математическое моделирование систем.
3. Математические модели в синергетике
4. Математическое моделирование: вейвлетный анализ в синергетике.
5. Становление и развитие синергетики в работах Г. Хакена
6. Развитие неравновесной термодинамики в работах И. Р. Пригожина.
7. Новое представление о времени в работах И. Р. Пригожина
8. Самоорганизация открытых систем.
9. Динамический хаос
10. Странные аттракторы. Аттрактор Лоренца
11. Нелинейные колебания и волны
12. Солитоны
13. Автоволновые процессы
14. Модели самоорганизованной критичности
15. Гидродинамические неустойчивости и их модели в синергетике
16. Ячейки Бенара и их моделирование
17. Фракталы как математические объекты
18. Искусство, фракталы и синергетика
19. Красота фракталов
20. Фракталы и фрактальная геометрия природы
21. Фракталы в материаловедении
22. Синергетика и информация.

## Комплект тестовых вопросов и заданий

по дисциплине Синергетика и фракталы

### Вариант 1

Задание 1. Геометрические фракталы получаются:

- А) при бесконечном повторении одной операции: каждый из отрезков некоторой ломанной (в двумерном случае), называемой затравкой, замещается самой затравкой (кривая Кох, канторова пыль и т.д.).
- Б) в результате нелинейных процессов протекающих в n-мерных пространствах (фазовый портрет, аттрактор и т.д.).
- В) отражением итерационных процессов со случайно изменяющимися параметрами.
- Г) числом связанных элементов, которые внутри этой системы сохраняют свою индивидуальность

Задание 2. Бифуркационные состояния – это:

- А) состояние, из которых возможен переход материального объекта в целое множество новых состояний;
- Б) преднамеренное восприятие, осуществляемое с целью выявления свойств предмета;
- В) возможность обобщения, усложнения структуры системы в процессе эволюции; Г) нет верного ответа?

Задание 3. Синергетический стиль мышления – это:

- А) последовательность предписаний;
- Б) нелинейное открытое мышление;
- В) совокупность принципов синергетики;
- Г) нет верного ответа?

Задание 4. Какими числами определяется фрактальная размерность или размерность Хаусдорфа-Безиковича?

Задание 5. Система проявляет хаотическое поведение, если:

- А) ее фазовый портрет содержит странный аттрактор.
- Б) ее фазовый портрет не содержит странный аттрактор
- В) при отсутствие фазового портрета

Задание 6. В каком виде выражается самоподобие в нелинейных фракталах?

Задание 7. Синергетика в переводе с греческого означает:

- А) сочетание;
- Б) сотрудничество;
- В) соединение;
- Г) учение?

Задание 8. Фазовое пространство - это

- А) абстрактное математическое многомерное пространство, координатами которого служат независимые параметры движения системы.
- Б) случайные отклонения мгновенных значений величин от их средних значений, показатель хаотичности процессов на микроуровне системы.
- В) возможность обобщения, усложнения структуры системы в процессе эволюции;
- Г) нет верного ответа

Задание 9. В чём заключается принцип фрактальности:

- А) возможность обобщения, усложнения структуры системы в процессе эволюции;
- Б) минимальное количество ключевых параметров;
- В) главное в становлении не элементы, а целостная структура;
- Г) возможность моделирования эволюции системы с помощью нескольких параллельных теоретических подходов?

Задание 10. Примером какой разновидности фракталов является кривая Кох?

Задание 11. Что исследует синергетика?

- А) эффект взаимодействия больших систем;
- Б) эффект взаимодействия малых систем;
- В) линейные системы;
- Г) нет верного ответа.

Задание 12. Когда возникла синергетика?

- А) в 60-е гг. XX в.;
- Б) в 70-е гг. XX в.;
- В) в 70-е гг. XIX в.;
- Г) в 80-е гг. XX в.

Задание 13. Кем были заложены основы синергетики?

- А) Р. Майером, Д. Джоулем и Г. Гельмгольцем;
- Б) Больцманом и Гиббсом;
- В) Г. Хакеном и И. Пригожиным;
- Г) С. Карно.

## Вариант 2

Задание 1. Модели синергетики – это модели

- А) нелинейных, неравновесных систем, подвергающихся действию факторов;
- Б) линейных и неравновесных систем;
- В) нелинейных и равновесных систем;
- Г) линейных и равновесных систем, не подвергающихся действию факторов.

Задание 2. Указать неверное утверждение, что ...

- А) методы синергетики в значительной степени пересекаются с методами теории колебаний и волн, термодинамики неравновесных процессов, теории катастроф, теории фазовых переходов,

статистической механики и др.;

Б) синергетика исследует организационный момент, эффект взаимодействия больших систем;

В) естественнонаучная теория не дает объяснение целой области явлений в природе с единой точки зрения;

Г) аттрактор – состояние системы, к которому она эволюционирует.

Задание 3. Аттрактор – это

А) учение о происхождении человека;

Б) отталкивающее множество;

В) притягивающее множество;

Г) правильного ответа нет.

Задание 4. В каких пределах изменяется величина D размерности Хаусдорфа-Безиковича фрактальной поверхности в трехмерном пространстве?

Задание 5. Кто выдвинул принцип «порядок из шума»?

А) Д.И. Менделеев;

Б) И.Р. Пригожин;

В) Г.фонФерстер;

Г) Г. Хакен.

Задание 6. Многие экспериментальные сигналы обладают фрактальной статистикой, анализ которой может быть произведен с помощью \_\_\_\_\_, предложенного Мандельбротом и Уоллисом на основе наблюдений Херста.

Задание 7. Синергетический стиль мышления – это?

А) многостороннее, нелинейное, открытое мышление;

Б) свободная игра факторов, каждый из которых взят сам по себе;

В) познание природы на фундаментальном уровне;

Г) принцип нелинейности.

Задание 8. Открытая система (среда) - это

А) определенный вид систем (сред), которые обмениваются веществом, энергией и/или информацией с окружающей средой, т. е. имеют источники и стоки. Способные к самоорганизации открытые системы, как правило, имеют объемные источники и стоки, а именно источники и стоки в каждой точке системы.

Б) область в фазовом пространстве, при попадании элемента последовательности  $x_n$  в которую, действие отображения не нарушается

В) система, обменивающаяся с окружающей средой веществом, энергией и информацией, способна творить порядок из хауса путём локализации структур;

Г) понятие, выражающее динамику, развитие сложных систем и мира в целом как их фундаментальную характеристику

Задание 9. Ключевыми моментами синергетики являются ....

Задание 10. Концепция детерминизма – это:

А) процесс аналитического рассуждения от общего к частному;

Б) установление новых закономерностей;

В) концепция мира, которая основывается на принципах причинности и закономерности;

Г) мысленное выделение какого-либо предмета?

Задание 11. Кто выдвинул понятие диссипативной структуры?

- А) И.Р. Пригожин;
- Б) Г. Хакен;
- В) В.И. Вернадский;
- Г) К.Э. Циолковский.

Задание 12. Что обнаруживается в процессе самоорганизации открытых нелинейных систем?

Задание 13. Особенность феномена нелинейности заключается в:

- А) «уменьшении флуктуаций»;
- Б) устойчивости;
- В) «усилении флуктуаций»;
- Г) неустойчивости.

### Вариант 3

Задание 1. Конвергенция – это:

- А) схождение;
- Б) основной закон системы;
- В) сближение и приобретение в ходе эволюции сходных признаков;
- Г) нет верного ответа?

Задание 2. Дивергенция – это:

- А) расхождение потоков энергии системы в ходе её структурных перестроек;
- Б) рассеивание;
- В) сближение;
- Г) приобретение в ходе эволюции сходных признаков?

Задание 3. Состояние  $\bar{X}$  системы S можно рассматривать как точки некоторого пространства X. Это пространство X(пространство всевозможных состояний системы S) называется \_\_\_\_\_.

Задание 4. Парадигма – это:

- А) непрерывная форма материи, описываемая силовой и энергетической характеристикой;
- Б) общий способ видения мира;
- В) совокупность энергетических возможностей, необходимых для акта действия в системе;
- Г) наука о самоорганизации в неравновесных открытых системах различной природы.

Задание 5. Замкнутая система – это:

- А) система, которая не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни веществом;
- Б) система, которая обменивается с окружающей средой;
- В) система, которая не обменивается с окружающей средой только энергией;
- Г) система, которая не обменивается с окружающей средой только веществом?

Задание 6. Под автокорреляцией уровней временного ряда подразумевается \_\_\_\_\_ зависимость между последовательными уровнями ряда.

Задание 7. Открытая система – это:

- А) система, которая не обменивается с окружающей средой только энергией;
- Б) система, которая не обменивается с окружающей средой только веществом;
- В) система, которая не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни веществом;
- Г) система, которая обменивается с окружающей средой энергией и веществом?

Задание 8. Чем можно охарактеризовать процесс рождения порядка из хаоса?

Задание 9. Процессы в открытых системах ведут...

- А) от порядка к хаосу;
- Б) от хаоса к порядку;
- В) и в том и в другом направлении;
- Г) у них нет строгой направленности.

Задание 10. Что является фундаментальным концептуальным узлом новой парадигмы?

- А) линейность;
- Б) самоорганизованность;
- В) нелинейность;
- Г) закрытость.

Задание 11. Какой термин появился в результате применения принципов синергетики в исследовании объектов социальной природы?

Задание 12. Открытая система – это:

- А) понятие, выражающее динамику, развитие сложных систем и мира в целом как их фундаментальную характеристику;
- Б) система, обменивающаяся с окружающей средой веществом, энергией и информацией, способна творить порядок из хаоса путём локализации структур;
- В) понятие, выражающее прогрессивные качественные изменения в системе;
- Г) правильного ответа нет.

Задание 13. Бифуркации – это:

- А) общий способ видения мира;
- Б) качественные всевозможные перестройки и метаморфозы различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят;
- В) наука о самоорганизации в неравновесных открытых системах различной природы;
- Г) правильного ответа нет.

Задание 14. Что позволяет разрешить хаос?

Задание 15. Класс систем, способных к самоорганизации – это:

- А) открытые линейные системы;
- Б) открытые нелинейные системы;
- В) закрытые линейные системы;
- Г) закрытые нелинейные системы.

Задание 1. Алгебраические фракталы – получаются:

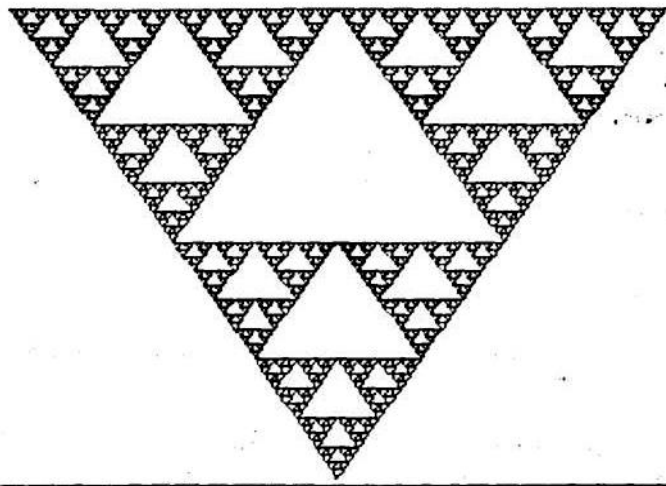
- А) в результате нелинейных процессов протекающих в n-мерных пространствах (фазовый портрет, аттрактор и т.д.).
- Б) при бесконечном повторении одной операции: каждый из отрезков некоторой ломанной (в двумерном случае), называемой затравкой, замещается самой затравкой (кривая Кох, канторова пыль и т.д.).
- В) отражением итерационных процессов со случайно изменяющимися параметрами.
- Г) числом связанных элементов, которые внутри этой системы сохраняют свою индивидуальность

Задание 2. Джокером называется

- А) область в фазовом пространстве, при попадании элемента последовательности  $x_n$  в которую, действие отображения нарушается
- Б) область в фазовом пространстве, при попадании элемента последовательности  $x_n$  в которую, действие отображения не нарушается
- В) система, обменивающаяся с окружающей средой веществом, энергией и информацией, способна творить порядок из хаоса путём локализации структур;
- Г) понятие, выражающее динамику, развитие сложных систем и мира в целом как их фундаментальную характеристику.

Задание 3. Построение геометрического фрактала начинается с исходного объекта, называемого \_\_\_\_\_ .

Задание 4. Треугольник является



- А) треугольником Серпинского
- Б) треугольником Г. Хакена;
- В) треугольником В.И. Вернадского;
- Г) треугольником К.Э. Циолковского.

Задание 5. Фрактальная размерность

- А) дробная размерность, являющаяся характеристикой неустойчивого, хаотического поведения систем (сред), описываемых, в частности, странными аттракторами.

- Б) область в фазовом пространстве, при попадании элемента последовательности  $x_n$  в которую, действие отображения не нарушается
- В) система, обменивающаяся с окружающей средой веществом, энергией и информацией, способна творить порядок из хауса путём локализации структур;
- Г) понятие, выражающее динамику, развитие сложных систем и мира в целом как их фундаментальную характеристику.

Задание 6. Флуктуации - это

- А) случайные отклонения мгновенных значений величин от их средних значений, показатель хаотичности процессов на микроуровне системы.
- Б) преднамеренное восприятие, осуществляемое с целью выявления свойств предмета;
- В) возможность обобщения, усложнения структуры системы в процессе эволюции;
- Г) нет верного ответа?

Задание 7. Объекты, проявляющие по мере увеличения все большее число деталей – это ... .

Задание 8. Термодинамическая ветвь - это

- А) состояние теплового хаоса, к которому, согласно второму началу термодинамики, идут процессы в закрытых системах, В открытых системах это - один из возможных путей эволюции, вообще говоря, самый примитивный ее путь.
- Б) случайные отклонения мгновенных значений величин от их средних значений, показатель хаотичности процессов на микроуровне системы.
- В) возможность обобщения, усложнения структуры системы в процессе эволюции;
- Г) нет верного ответа

Задание 9. Структура (в открытой нелинейной среде) - это

- А) локализованный в определенных участках среды процесс, иначе говоря, процесс, имеющий определенную геометрическую форму и способный развиваться, трансформироваться в среде. Или переноситься по среде с сохранением формы.
- Б) область в фазовом пространстве, при попадании элемента последовательности  $x_n$  в которую, действие отображения не нарушается
- В) система, обменивающаяся с окружающей средой веществом, энергией и информацией, способна творить порядок из хауса путём локализации структур;
- Г) понятие, выражающее динамику, развитие сложных систем и мира в целом как их фундаментальную характеристику

Задание 10. Согласно какому принципу, реальные природные, общественные и психические явления и процессы детерминированы, то есть возникают, развиваются и уничтожаются закономерно, в результате действия определенных причин, обусловлены ими?

Задание 11. Обратная связь объемная нелинейная положительная - это

- А) механизм самовлияющего, самоподстегивающего разворачивания процессов, действующий в каждой точке открытой нелинейной среды; иначе говоря, механизм ускоренного саморазвития, нарастания процессов по всему пространству среды. Такого рода механизм лежит в основе режимов с обострением.
- Б) область в фазовом пространстве, при попадании элемента последовательности  $x_n$  в которую,



действие отображения не нарушается

В) система, обменивающаяся с окружающей средой веществом, энергией и информацией, способна творить порядок из хаоса путём локализации структур;

Г) понятие, выражающее динамику, развитие сложных систем и мира в целом как их фундаментальную характеристику

Задание 12. Нелинейная среда (система) - это

А) среда (система), процессы в которой описываются нелинейными уравнениями. Это - среда, которая может эволюционировать различными путями, таит в себе бифуркации.

Б) случайные отклонения мгновенных значений величин от их средних значений, показатель хаотичности процессов на микроуровне системы.

В) возможность обобщения, усложнения структуры системы в процессе эволюции;

Г) нет верного ответа

Задание 13. Детерминированный хаос -это

А) среда (система), процессы в которой описываются нелинейными уравнениями. Это - среда, которая может эволюционировать различными путями, таит в себе бифуркации.

Б) случайные отклонения мгновенных значений величин от их средних значений, показатель хаотичности процессов на микроуровне системы.

В) возможность обобщения, усложнения структуры системы в процессе эволюции;

Г) одно из направлений синергетических исследований, в рамках которого изучаются виды хаоса и различные сценарии перехода к хаосу детерминированных (динамических) систем.

Задание 14. В результате экономического анализа установлено, что поведение системы зависит от двух переменных  $X$  и  $y$  и описывается системой линейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ax + by + s \\ \frac{dy}{dt} = cx + dy + p \end{cases}$$

При заданных значениях параметров можно определить:

А) тип динамической системы,

Б) ничего не определяется

В) координаты точки равновесия системы в фазовом пространстве,

Г) одно из направлений синергетических исследований, в рамках которого изучаются виды хаоса

Задание 15. Абстрактное математическое многомерное пространство, координатами которого служат независимые параметры движения системы - \_\_\_\_\_ .

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции**

### **5.1 Критерии оценивания коллоквиума**

Оценка **«отлично»** выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка **«хорошо»** – за твердое знание основного (программного) материала, за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы.

Оценка **«удовлетворительно»** – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала.

Оценка **«неудовлетворительно»** – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в материале, за незнание основных понятий дисциплины.

### **5.2 Критерии оценивания качества выполнения практических работ**

Оценка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если практическая работа выполнена правильно и обучающий ответил на все вопросы, поставленные преподавателем на защите.

Оценка **«не зачтено»** выставляется обучающемуся, если практическая работа выполнена неправильно или обучающий не проявил глубоких теоретических знаний при защите работы.

### **5.3 Критерии оценивания тестирования**

При тестировании все верные ответы берутся за 100%.

90%-100% отлично

75%-90% хорошо

60%-75% удовлетворительно

менее 60% неудовлетворительно

### **5.4 Критерии оценивания качества контрольной работы:**

Оценка **«отлично»** выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка **«хорошо»** – за твердое знание основного (программного) материала, за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы.

Оценка **«удовлетворительно»** – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала.

Оценка **«неудовлетворительно»** – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в материале, за незнание основных понятий дисциплины.

### **5.5. Критерии оценивания ответа на контрольные вопросы:**

Оценка **«отлично»** выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка **«хорошо»** – за твердое знание основного (программного) материала, за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы.

Оценка **«удовлетворительно»** – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала.

Оценка **«неудовлетворительно»** – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в материале, за незнание основных понятий дисциплины.

#### **5.6. Критерии оценивания реферата:**

Оценка **«отлично»** выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка **«хорошо»** – за твердое знание основного (программного) материала, за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы.

Оценка **«удовлетворительно»** – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала.

Оценка **«неудовлетворительно»** – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в материале, за незнание основных понятий дисциплины.

#### **5.7. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины на зачете:**

Оценка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если обучающий почти ответил на все вопросы, поставленные преподавателем на защите.

Оценка **«не зачтено»** выставляется обучающемуся, если обучающий не проявил глубоких теоретических знаний при ответе на вопросы.