

ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
СИБАЙСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) УУНИТ
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол № 11 от «31» мая 2023 г.
И.о. зав.кафедрой Г/Гумеров И.С.



Согласовано:
Председатель УМК естественно-
математического факультета
Г / Ильбулова Г.Р.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

(наименование дисциплины)

Часть, формируемая участниками образовательных отношений

(обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений, факультатив)

программа бакалавриата

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

(указывается код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль) подготовки

Прикладная математика и информационные технологии

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

бакалавр

(указывается квалификация)

Разработчик (составитель)

доцент, к.ф.-м.н.,

(должность, ученая степень, ученое звание)

О.Н. Беликова О.Н.

Для приема: 2023 г.

Сибай 2023 г.

Составитель: Беликова О.Н.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий протокол №11 от «31» мая 2023 г.

И.о. заведующего кафедрой И / Гумеров И.С./

Дополнения и изменения, внесенную в рабочую программу дисциплины

утверждены на заседании кафедры

протокол №__ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ /

Дополнения и изменения, внесенную в рабочую программу дисциплины

утверждены на заседании кафедры

протокол №__ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ /

Дополнения и изменения, внесенную в рабочую программу дисциплины

утверждены на заседании кафедры

протокол №__ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ /

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине
 - 4.3. Рейтинг-план дисциплины
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
-	ПК-4. Владеет навыками проектирования программного обеспечения	<p>ПК-4.1. Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> -принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; - типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; -методы и средства проектирования программного обеспечения; -методы и средства проектирования баз данных; -методы и средства проектирования программных интерфейсов. 	<p><i>Знать</i> принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; методы и средства проектирования программного обеспечения; методы и средства проектирования баз данных; методы и средства проектирования программных интерфейсов.</p>
		<p>ПК-4.2. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения; -применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов; -осуществлять коммуникации с заинтересованными сторонами. 	<p><i>Уметь</i> использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения; применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов; осуществлять коммуникации с заинтересованными сторонами.</p>
		<p>ПК-4.3. Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками разработки и согласования технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие с архитектором программного обеспечения; - навыками распределения заданий между программистами в соответствии с техническими спецификациями; -навыками осуществления контроля выполнения заданий; -навыками осуществления обучения и наставничества; 	<p><i>Владеть</i> навыками разработки и согласования технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие с архитектором программного обеспечения; навыками распределения заданий между программистами в соответствии с техническими спецификациями; навыками осуществления контроля выполнения заданий; навыками осуществления обучения и наставничества; навыками формирования и предоставления отчетности в соответствии с установленными</p>

		-навыками формирования и предоставления отчетности в соответствии с установленными регламентами; -навыками оценки и согласования сроков выполнения поставленных задач.	регламентами; навыками оценки и согласования сроков выполнения поставленных задач.
--	--	---	--

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Компьютерное моделирование динамических систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения дисциплин «Алгебра», «Аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Основы информатики», «Языки и методы программирования».

Целями освоения дисциплины Компьютерное моделирование динамических систем являются:

- овладение основными понятиями и методами теории динамических систем, необходимыми как для освоения самой дисциплины, так и для изучения других дисциплин;
- развитие логического мышления;
- повышение уровня математической культуры.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

1. Освоение основных положений теории динамических систем;
2. Изучение алгоритмов моделирования динамических систем и их реализация на языках программирования математических пакетов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: определения основных понятий, изучаемых в курсе «Компьютерное моделирование динамических систем»; формулировки основных утверждений и их доказательства некоторых из них;
уметь: решать основные типы задач по изучаемым темам; обосновывать теоретическую базу применяемых при решении задач методов и приемов; искать необходимую литературу в глобальных компьютерных сетях; применять на практике компьютерные технологии для решения различных задач теории динамических систем; владеть: навыками программирования в математических пакетах; навыками решения практических задач теории динамических систем.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соответствующих с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

ПК – 4 – способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") и в других источниках

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-4.1. Знает: -принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; - типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; -методы и средства проектирования программного обеспечения; -методы и средства проектирования баз данных; -методы и средства проектирования программных интерфейсов.	Знает: -принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; - типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; -методы и средства проектирования программного обеспечения; -методы и средства проектирования баз данных; -методы и средства проектирования программных интерфейсов.	Не знает принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; методы и средства проектирования программного обеспечения; методы и средства проектирования баз данных; методы и средства проектирования программных интерфейсов.	Обладает на удовлетворительном уровне знаниями о принципах построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; типовых решениях, библиотеках программных модулей, шаблонах, классах объектов, используемых при разработке программного обеспечения; методах и средствах проектирования программного обеспечения; методах и средствах проектирования баз данных; методах и средствах проектирования программных интерфейсов.	Обладает на хорошем уровне знаниями о принципах построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; типовых решениях, библиотеках программных модулей, шаблонах, классах объектов, используемых при разработке программного обеспечения; методах и средствах проектирования программного обеспечения; методах и средствах проектирования баз данных; методах и средствах проектирования программных интерфейсов	Обладает на отличном уровне знаниями о принципах построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; типовых решениях, библиотеках программных модулей, шаблонах, классах объектов, используемых при разработке программного обеспечения; методах и средствах проектирования программного обеспечения; методах и средствах проектирования баз данных; методах и средствах проектирования программных интерфейсов
ПК-4.2. Умеет: - использовать существующие типовые решения и шаблоны про-	Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны про-	Не умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны	Слабо умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны	Хорошо умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны	Уверенно умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ПК-4.1. Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> -принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; - типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; -методы и средства проектирования программного обеспечения; -методы и средства проектирования баз данных; -методы и средства проектирования программных интерфейсов. <p>ПК-4.2. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения; -применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов; -осуществлять коммуникации с заинтересованными сторонами. <p>ПК-4.3. Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками разработки и согласования технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие с архитектором программного обеспечения; - навыками распределения заданий между программистами в соответствии с техническими спецификациями; - навыками осуществления контроля выполнения заданий; -навыками осуществления обучения и наставничества; -навыками формирования и представления отчетности в соответствии 	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> -принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения; - типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; -методы и средства проектирования программного обеспечения; -методы и средства проектирования баз данных; -методы и средства проектирования программных интерфейсов. 	<p>Индивидуальный опрос; Групповой опрос; Решение задач; Тесты; Контрольные работы</p>
	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения; -применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов; -осуществлять коммуникации с заинтересованными сторонами. 	<p>Индивидуальный опрос; Групповой опрос; Решение задач; Тесты; Контрольные работы</p>
	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками разработки и согласования технических спецификаций на программные компоненты и их взаимодействие с архитектором программного обеспечения; - навыками распределения заданий между программистами в соответствии с техническими спецификациями; -навыками осуществления контроля выполнения заданий; -навыками осуществления обучения и наставничества; -навыками формирования и представления отчетности в соответствии 	<p>Подготовка докладов (рефератов); Индивидуальный опрос; Групповой опрос; Решение задач; Тесты; Контрольные работы; Вопросы экзамена</p>

-навыками осуществления контроля выполнения заданий; -навыками осуществления обучения и наставничества; -навыками формирования и предоставления отчетности в соответствии с установленными регламентами; -навыками оценки и согласования сроков выполнения поставленных задач.	с установленными регламентами; -навыками оценки и согласования сроков выполнения поставленных задач.	
---	---	--

4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

Контрольные работы

Контрольная работа №1 используется для рубежного контроля в модуле 1, контрольная работа №2 – для рубежного контроля в модуле 2.

Критерии оценки контрольной работы (в баллах):

- **14-15 баллов** выставляется, если студент решил все задачи полностью:
 - в логических рассуждениях и обоснованиях решения нет пробелов и ошибок;
 - в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, которая не является следствием незнания и непонимания учебного материала);
- **10-13 баллов** выставляется, если
 - студент решил все задачи, но обоснования шагов решения недостаточны;
 - допущена одна ошибка или есть два-три недочета в выкладках.
- **8-9 баллов** выставляется, если допущено более одной ошибки или более двух-трех недочетов в выкладках, но студент обладает обязательными умениями по проверяемому модулю;
- **0-7 баллов** выставляется, если
 - допущены существенные ошибки, показавшие, что студент не обладает обязательными умениями по проверяемому модулю;
 - работа показала полное отсутствие у студента обязательных знаний и умений по проверяемому модулю.

Пример варианта контрольной работы № 1

Вариант 1

1. Найти оператор эволюции $F(x, n)$ дискретной системы $x_{n+1} = f(x_n)$. Найти значения $F(x, 1)$, $F(x, 2)$.
2. Найдите неподвижные точки дискретной динамической системы $x_{n+1} = f(x_n)$, где $f(x) = x^2 - 1$ и определить тип их устойчивости. Найдите цикл периода 2 и определите устойчивость.

Пример варианта контрольной работы № 2

Вариант 1

1. Изобразите фазовый портрет одномерной динамической системы: $x' = x - x^3$.

2. Изобразите фазовый портрет двумерной динамической системы: $x' = Ax$, где $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 3 \end{pmatrix}$.
3. Выясните характер устойчивости нулевой неподвижной точки. Изобразите фазовый портрет. $\begin{cases} x' = -3x + 2y \\ y' = 2x - 5y \end{cases}$.
4. Найдите неподвижные точки. Выясните характер устойчивости данных неподвижных точек. $\begin{cases} x' = 2xy - 4y \\ y' = 4y^2 - x^2 \end{cases}$.

Лабораторные работы

Порядок выполнения лабораторной работы. К выполнению лабораторной работы следует приступать после изучения соответствующего теоретического материала по учебнику и лекциям.

При выполнении лабораторной или расчетно-графической работы студент должен, руководствуясь следующими указаниями:

каждую работу следует выполнять в виде реферата, на передней обложке которой должны быть указаны фамилия и инициалы студента, номер и вариант лабораторной работы;

работа должна содержать:

1. теоретическое изложение решаемой задачи;
 2. алгоритм решения задачи;
 3. листинг программы на языке программирования (по выбору студента). Можно программировать в математических пакетах.
 4. тестовые значения для проверки работы программы
- студент должен уметь объяснять каждый шаг сделанной работы, и отвечать на вопросы по теории и по программе относящиеся к данной задаче.

В случае незачета студент обязан в кратчайший срок выполнить все требования рецензента и представить работу на повторное рецензирование. До экзамена необходимо сдать все лабораторные работы исправить все ошибки и получить допуск к экзамену. Работы, выполненные небрежно, несамостоятельно, или содержащие задачи не своего варианта, возвращаются без проверки.

Критерии оценки лабораторных работ (в баллах):

В каждом модуле (модуль 1 и модуль 2) по 4 лабораторных работы. Максимально возможный балл за каждую лабораторную работу: 4 балла.

- **4 балла** выставляется, если студент решил все задачи полностью:

- имеется правильно работающая программа;
- отчет оформлен в соответствии с требованиями;
- студент умеет объяснять каждый шаг сделанной работы, и отвечает на вопросы по теории и по программе относящиеся к данной задаче;

- **3 балла** выставляется, если

- имеется правильно работающая программа;
- отчет оформлен в соответствии с требованиями;
- студент умеет объяснять каждый шаг сделанной работы, но не отвечает на дополнительные вопросы по теории и по программе относящиеся к данной задаче;

- **2 балла** выставляется, если

- имеется правильно работающая программа;

- отчет оформлен в соответствии с требованиями.

Задания для лабораторных работ

Лабораторная работа № 1

Задание:

1. В пакете Matlab задать функцию несколькими способами (в символьном виде, в виде m-файла).
2. Найти производную, интеграл от символьной функции.
3. Найти значение функции.
4. Найти сумму, разность матриц. Умножить матрицы, найти обратную матрицу.
5. Постройте график функции одной переменной на плоскости и график функции двух переменных в пространстве.

Лабораторная работа № 2

Построение фазовых портретов линейных непрерывных динамических систем.

Задание: Необходимо найти такие двумерные линейные системы, чтобы демонстрировать 6 типов фазовых портретов (узел трех типов (устойчивый или неустойчивый), седло, фокус (устойчивый или неустойчивый), центр).

Лабораторная работа № 3

Построение фазовых портретов нелинейных непрерывных динамических систем

Для сдачи лабораторной работы нужно:

1) знать:

- понятие непрерывной динамической системы;
- понятие решения автономных систем (точки равновесия, периодические решения, непериодические решения);
- понятие траектории автономных систем;
- понятие интегральной кривой автономных систем;
- понятие предельного цикла автономных систем;
- понятие аттрактора динамических систем;
- определение устойчивости решения автономных систем;

2) уметь:

- определять виды фазовых портретов автономных систем;
- определять устойчивость точек равновесия непрерывных динамических систем;

3) задание:

Дана динамическая система

$$\begin{cases} x' = f(t, x), & x \in R^n \\ x(0) = x_0 \end{cases}.$$

Решите систему численно с помощью функций Matlab. Постройте фазовый портрет. Если система зависит от параметра, т.е. имеет вид

$$\begin{cases} x' = f(t, x, \lambda), & \lambda_0 < \lambda < \lambda_1; \\ x(0) = x_0 \end{cases}$$

тогда постройте фазовый портрет при различных значениях параметра. Выявите качественно разные фазовые портреты.

Список динамических систем для лабораторной работы №3.

1.
$$\begin{cases} x_1' = x_2 - x_1; \\ x_2' = x_1 + \lambda(x_1^2 + x_2^2)x_2. \end{cases}$$
2.
$$\begin{cases} x_1' = x_2; \\ x_2' = x_1 + \lambda(x_1^2 + x_2^2)x_1. \end{cases}$$
3.
$$\begin{cases} x_1' = x_1 - \lambda x_2; \\ x_2' = x_2 + \lambda x_1. \end{cases}$$
4.
$$\begin{cases} x_1' = x_1 x_2 - 6; \\ x_2' = 3x_2 - x_1 x_2. \end{cases}$$
5.
$$\begin{cases} x_1' = -x_2; \\ x_2' = x_1. \end{cases}$$
6.
$$\begin{cases} x_1' = -x_1 - 2x_2; \\ x_2' = 2x_1 - x_2. \end{cases}$$
7.
$$\begin{cases} x' = y; \\ y' = -\left(\frac{g}{l}\right)\sin x. \end{cases}$$
8.
$$\begin{cases} x' = y; \\ y' = -\left(\frac{g}{l}\right)\sin x - \frac{cy}{lm}. \end{cases}$$
9.
$$\begin{cases} x_1' = \lambda x_1 + 2x_2; \\ x_2' = 3x_1 + 2\lambda x_2. \end{cases}$$
10.
$$\begin{cases} x_1' = x_2 - \lambda(x_1 + x_2^2)x_1; \\ x_2' = -x_1. \end{cases}$$
11.
$$\begin{cases} x_1' = \lambda x_1 - x_2; \\ x_2' = x_1 + \lambda x_2. \end{cases}$$
12.
$$\begin{cases} x_1' = \lambda x_1 - x_2 - x_1(x_1^2 + x_2^2); \\ x_2' = x_1 + \lambda x_2 - x_2(x_1^2 + x_2^2). \end{cases}$$
13.
$$\begin{cases} x' = y; \\ y' = -ky - x^3 + A \sin(\Omega t); \end{cases}$$

 $A = 50, \Omega = 2$
14.
$$\begin{cases} x_1' = x_2; \\ x_2' = a(1 - bx_1^2)x_2 - x_1. \end{cases}$$
15.
$$\begin{cases} x' = 2x - y + xz; \\ y' = x + 2y + yz; \\ z' = -z - (x^2 + y^2 + z^2). \end{cases}$$
16.
$$\begin{cases} x' = (2\lambda - 1)x - y + xz; \\ y' = x + (2\lambda - 1)y + yz; \\ z' = -\lambda z + (x^2 + y^2 + z^2). \end{cases}$$
17.
$$\begin{cases} x' = -gx + gy; \\ y' = -xz + y - rx; \\ z' = -bz + xy; \end{cases}$$

 $g = 10, r = 28, b = 8/3.$
18.
$$\begin{cases} x' = -(y + z); \\ y' = x + ay; \\ z' = b + z(x - c); \end{cases}$$

 $a = 0.2, b = 0.2, c = 5.$
19.
$$\begin{cases} Tx' = Mze^{-z^2} - x; \\ y' = x - z; \\ z' = y - z/Q; \end{cases}$$

 $T = 1, M = 8.$
20.
$$\begin{cases} x' = mx + y - xz; \\ y' = -x; \\ z' = -gz + gI(x)x^2; \\ I(x) = \begin{cases} 1, & x > 0; \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \end{cases}$$

 $m = 0.2, g = 0.2.$
21.
$$\begin{cases} x' = 2hx + y - gz; \\ y' = -x; \\ \varepsilon z' = x - f(z); \\ f(z) = 8.952z - 22z^2 + 14.408^3; \end{cases}$$

 $0.75 < g < 0.95, 0.06 < h < 0.1.$

Лабораторная работа № 4

Неподвижные точки и диаграмма орбит одномерного дискретного отображения.

1) знать:

- понятие дискретной динамической системы;
- понятие траектории и виды траекторий дискретных динамических систем (неподвижная точка, периодическая орбита (цикл), непериодическая орбита);
- понятие притягивающей и отталкивающей неподвижной точки, периодической орбиты;
- понятие точки Фейгенбаума и постоянной Фейгенбаума;

– понятие хаоса;

2) уметь:

- вычислять неподвижные точки и орбиты для простых отображений;
- вычислять точку Фейгенбаума для простых отображений;
- определять устойчивость неподвижных точек и периодических орбит

3) задание:

1. Для отображения $f(x, c)$ (список функций приведен после описания лаб. Работы № 4) найти аналитически неподвижные точки и периодические орбиты периода $p=2$ для фиксированного значения константы c . Определить тип (устойчивость) неподвижных точек и периодических орбит.

2. Построить диаграмму притягивающих орбит для заданного отображения $f(x, c)$, экспериментально подобрать интервал для константы c . По диаграмме уметь показать: притягивающие периодические орбиты каких периодов существуют, приближенно какой вид имеют, при каких значениях константы c возникают

3. Найти точку c_∞ для функции $f(x, c)$, определив значение c_0, c_1 аналитически или численно, и показать на диаграмме притягивающих орбит.

Список отображений для лабораторной работы №4.

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. $f(x) = x^2 + c$ | 27. $f(x) = \sin(x^2) + c$ |
| 2. $f(x) = \cos(1 - cx^2)$ | 28. $f(x) = 1 - c \cos^2(x)$ |
| 3. $f(x) = c(1 - x^2) \sin(\pi x)$ | 29. $f(x) = (cx^2 - 1) \sin(x) \cos(x)$ |
| 4. $f(x) = \cos(cx(1 + x))$ | 30. $f(x) = c \sin(\pi x)$ |
| 5. $f(x) = cx - \cos(cx - x^2)$ | 31. $f(x) = c \sin(x) \cos(x)$ |
| 6. $f(x) = \sin(cx(x + 1))$ | 32. $f(x) = \cos(x^2) + c$ |
| 7. $f(x) = cx^2 + 1$ | 33. $f(x) = (cx^2 + c) \cos(c + x^2)$ |
| 8. $f(x) = (cx^2 + c) \cos(cx + x^2)$ | 34. $f(x) = cx(x + 1)$ |
| 9. $f(x) = x - c \sin(x^2)$ | 35. $f(x) = cx^2 - \sin(cx - x^2)$ |
| 10. $f(x) = \sin(cx - x^2)$ | 36. $f(x) = (cx^2 - c) \sin(cx + x^2)$ |
| 11. $f(x) = cx - x^2$ | 37. $f(x) = x^2 + cx$ |
| 12. $f(x) = cx + \sin(cx - x^2)$ | 38. $f(x) = (x + c) \sin(x) \cos(x)$ |
| 13. $f(x) = c(x^2 + 1) \cos(\pi x)$ | 39. $f(x) = 1 - c \cos(x^2)$ |
| 14. $f(x) = cx^2 - \cos(cx - x^2)$ | 40. $f(x) = (x^2 - cx) \cos^2(x^2 + cx)$ |
| 15. $f(x) = c + \sin(\pi x)$ | 41. $f(x) = c \cos(x^2)$ |
| 16. $f(x) = \sin(cx(1 - x))$ | 42. $f(x) = (x^2 - c) \cos^2(x)$ |
| 17. $f(x) = cx^2 - 1$ | 43. $f(x) = x - c \cos(x^2)$ |
| 18. $f(x) = (cx^2 - c) \sin(c + x^2)$ | 44. $f(x) = (x^2 - c) \cos^2(x^2)$ |
| 19. $f(x) = c + \cos(\pi x)$ | 45. $f(x) = c(x^2 - 1) \cos(\pi x)$ |
| 20. $f(x) = 1 - c \sin^2(x)$ | 46. $f(x) = cx^2 + \cos^2(x^2)$ |
| 21. $f(x) = (c + x^2) \sin(\pi x)$ | 47. $f(x) = (cx^2 - 1) \cos^2(x)$ |
| 22. $f(x) = (x^2 - cx) \cos^2(x)$ | 48. $f(x) = c(1 - x^2)$ |
| 23. $f(x) = (c + x^2) \cos(\pi x)$ | 49. $f(x) = (x^2 - c) \cos^2(x^2 + c)$ |
| 24. $f(x) = (cx^2 + 1) \cos^2(x)$ | 50. $f(x) = \sin(c - x^2)$ |
| 25. $f(x) = x^2 - c$ | 51. $f(x) = cx(x + 1) \cos^2(x)$ |
| 26. $f(x) = (cx^2 + 1) \cos^2(x^2)$ | 52. $f(x) = c \cos(\pi x)$ |

53. $f(x) = (x^2 - cx) \cos^2(x^2)$

54. $f(x) = \sin(1 - cx^2)$

55. $f(x) = (cx^2 + x) \cos^2(x)$

56. $f(x) = (x^2 + c) \sin(x) \cos(x)$

57. $f(x) = cx(1 - x)$

61.

58. $f(x) = cx^2 + \cos(cx + x^2)$

59. $f(x) = c(x^2 + 1) \sin(\pi x)$

60. $f(x) = \cos(cx - x^2)$

Лабораторная работа № 5
Заполняющее множество Жюлиа.

Задание:

Построить заполняющее множество Жюлиа функции $f(z) = z^2 + c$ для заданной константы c (список констант приводится после описания лаб. работы № 9).

Лабораторная работа № 6
Множество Жюлиа.

Задание:

Дана функция $f(z) = z^2 + c$. Построить множество Жюлиа методом обратной итерации.

Лабораторная работа № 7
Диаграмма скоростей расходимости.

Задание:

Построить диаграмму скоростей расходимости орбит отображения $f(z) = z^2 + c$.

Список констант для лабораторной работы № 5, 6, 7.

1. $C = -0.2 + 0.75i$

2. $C = 0.31 + 0.04i$

3. $C = 0.337 - 0.248i$

4. $C = 0.5$

5. $C = -0.7382 + 0.0827i$

6. $C = -1.2i$

7. $C = -1$

8. $C = -0.1$

9. $C = 0.25 + 0.25i$

10. $C = -0.1 - 0.75i$

11. $C = -0.1 - 0.25i$

12. $C = -0.35 + 0.75i$

13. $C = 0.31 - 0.58i$

14. $C = 0.2i$

15. $C = -1 + 0.3i$

16. $C = 0.5 + 0.02i$

17. $C = 0.01 - 0.28i$

18. $C = -0.1 + 0.75i$

19. $C = -0.96$

20. $C = 0.75i$

21. $C = -0.8 - 0.25i$

22. $C = 0.31 - 0.04i$

23. $C = 1.2i$

24. $C = -1.3$

25. $C = 0.2$

26. $C = -0.2 - 0.25i$

27. $C = -0.1194 + 0.6289i$

28. $C = 0.102 + 0.564i$

29. $C = -0.1 + 0.85i$

30. $C = -1.05 + 0.25i$

31. $C = 0.501 - 0.0202i$

32. $C = -0.1i$

33. $C = -1 + i$

34. $C = 0.25$

35. $C = 0.01 + 0.95i$

36. $C = -1 - 0.3i$

37. $C = 0.2 - 0.5i$

38. $C = -0.75$

39. $C = -0.1 + 0.55i$

40. $C = -1 - i$

41. $C = -1.5$

42. $C = 0.35$

43. $C = -0.5$

44. $C = -1 + 0.1i$

45. $C = -0.2 + i$

46. $C = 1$

47. $C = 0.25 - 0.25i$

48. $C = 0.02 + 1.04i$

49. $C = -0.35 - 0.75i$

50. $C = -i$

51. $C = -0.8 + 0.25i$

52. $C = -0.7382 - 0.0827i$

53. $C = 1 - 0.73i$

54. $C = -1.1$

55. $C = 0$

56. $C = 0.2 + 0.1i$

57. $C = 0.0698 + 0.3289i$

58. $C = 0.25 + 0.3i$

59. $C = 0.1$

60. $C = -0.94i$

Лабораторная работа № 8
Множество Мандельброта.

Задание:

Построить множество Мандельброта для функции $f(z) = z^2 + c$.

Экзамен

Для проведения экзамена на кафедре разрабатываются экзаменационные билеты. Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и одного практического задания. По окончании ответа на вопросы билета экзаменатор может задавать дополнительные и уточняющие вопросы в пределах учебного материала, вынесенного на экзамен.

Перечень вопросов для экзамена.

1. Понятие динамической системы. Определение динамической системы. Определение непрерывной и дискретной динамической системы. Примеры динамических систем.
Одномерные дискретные динамические системы.
2. Одномерные динамические системы с дискретным временем. Оператор эволюции. Решения дискретных динамических систем.
3. неподвижные точки и циклы одномерных дискретных ДС. Нахождение неподвижных точек и циклов дискретных ДС.
4. Траектории одномерных систем. Паутинная диаграмма.
5. Периодичность Шарковского. Теорема Шарковского (без доказательства).
6. Решения дискретных систем. Устойчивость решений. Траектории одномерных систем.
7. Критерии устойчивости неподвижных точек и циклов дискретных динамических систем.
8. Исследование отображения (дискретной динамической системы) $x^2 + c$. Диаграмма притягивающих орбит. Точка и постоянная Фейгенбаума. Предсказание хаоса.
9. Устойчивость решений дискретных динамических систем. Устойчивость неподвижных точек и циклов.
10. Множество Жюлиа. Заполняющее множество Жюлиа. Теорема о критерии ограниченности орбиты отображения $f(z) = z^2 + c$.
11. Орбиты в множествах Жюлиа. Типы периодических точек. Теорема «О трех определениях». Метод обратной итерации.
12. Множество Мандельброта. Основная теорема о множестве Мандельброта. Периоды и обрамление в множестве Мандельброта.
Непрерывные дискретные динамические системы.
13. Непрерывные динамические системы. Оператор эволюции непрерывных ДС. Оператор сдвига и оператор эволюции.
14. Понятие решения непрерывной ДС. О качественном исследовании ДС. Свойства решений автономных систем.
15. Фазовые пространства. Понятие о фазовых портретах автономных систем.
16. неподвижные точки и циклы непрерывных систем. Изолированные точки равновесия и циклы. Понятие о предельных циклах.
17. Фазовые портреты и траектории линейных одномерных и двумерных непрерывных систем.
18. Фазовые портреты и траектории нелинейных непрерывных систем.

19. Устойчивость решений по Ляпунову. Устойчивость точек равновесия линейных и нелинейных систем. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению (без доказательства).
20. Понятие устойчивости в непрерывных динамических системах. Устойчивость решения по Ляпунову.

Примерный перечень задач к экзамену

1. Найти оператор эволюции $F(x, n)$ дискретной системы $x_{n+1} = f(x_n)$. Найти значения $F(x, 1)$, $F(x, 2)$.
2. Найдите неподвижные точки дискретной динамической системы $x_{n+1} = f(x_n)$, где $f(x) = x^3$ и определите тип их устойчивости. Найдите цикл периода 2 и определите устойчивость.
3. Изобразите фазовый портрет одномерной динамической системы: $x' = x - x^2$.
4. Изобразите фазовый портрет двумерной динамической системы: $x' = Ax$, где $A = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ -1 & 3 \end{pmatrix}$.
5. Выясните характер устойчивости нулевой неподвижной точки. Изобразите фазовый портрет.
$$\begin{cases} x' = -3x + 2y \\ y' = 2x - 5y \end{cases}$$
6. Найдите неподвижные точки. Выясните характер устойчивости данных неподвижных точек.
$$\begin{cases} x' = 2y - 4yx \\ y' = 4y^2 - x^2 \end{cases}$$

Образец экзаменационного билета

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»
 Сибайский институт (филиал) УУНиТ
 Естественно-математический факультет
 Кафедра прикладной математики и информационных технологий
 и информационных технологий

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1
 по дисциплине «Компьютерное моделирование динамических систем»
 Направление «Прикладная математика и информатика»
 Профиль «Прикладная математика и информатика (общий профиль)»

1. Одномерные динамические системы с дискретным временем. Оператор эволюции.
2. Решения дискретных динамических систем.
3. Найдите неподвижные точки. Выясните характер устойчивости данных неподвижных точек.
$$\begin{cases} x' = 2y - 4yx \\ y' = 4y^2 - x^2 \end{cases}$$

Утверждено на заседании кафедры _____, протокол № ____

Заведующий кафедрой _____

Перевод оценки из 100-балльной в четырех балльную производится следующим образом:

- отлично - от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо - от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно - от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно - менее 45 баллов.

Критерии оценки экзамена (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Юмагулов М.Г. Введение в теорию динамических систем. С.-Петербург: Лань, 2015. – 272 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56177
2. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2008.-182 с.

Дополнительная литература:

3. Жабко А.П. Котина Е.Д. Чижова О.Н. Дифференциальные уравнения и устойчивость. Лань. 2015. 320 стр. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60651.
4. Демидович Б.П. Моденов В.П. Дифференциальные уравнения. Лань. 2008. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=126
5. Болотюк В.А., Болотюк Л.А., Швед Е.А., Швец Ю.В., Практикум и индивидуальные задания по обыкновенным дифференциальным уравнениям (типовые расчеты).- 2014. 224 стр. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=51934

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. ЭБС «Университетская библиотека online» - www.biblioclub.ru;
2. ЭБС изд-ва «Лань» - www.e.lanbook.com;
3. <http://www.exponenta.ru> –образовательный математический сайт;
4. <http://www.mccme.ru> - сайт Московского центра непрерывного математического образования.

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория 210	Лекции, практические занятия	Демонстрационное оборудование: доска, проектор – 1 шт., переносной экран – 1 шт. Специализированная мебель: столы, стулья (28 посадочных мест).

ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
СИБАЙСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) УУНИТ
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Компьютерное моделирование динамических систем на б (7) семестр

очная (очно-заочная) форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144 (4/144)
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
Лекций	18 (16)
практических/ семинарских	
лабораторных	24 (20)
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2 (0)
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	64,8 (81)
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	36 (27)

Форма контроля:
экзамен б (7) семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение в теорию динамических систем	16 (17)	4 (2)		4 (4)	8 (11)	1-5	– проработка лекций и работа с литературой по теме; – решение задач; – дополнительное изучение отдельных тем;	Опрос, лабораторная работа контр. работа
2	Фазовые портреты и траектории линейных и нелинейных систем	16 (18)	2 (2)		6 (4)	8 (12)	1-5	– проработка лекций и работа с литературой по теме; – решение задач; – дополнительное изучение отдельных тем;	Опрос, лабораторная работа контр. работа
3	Элементы теории устойчивости	14,8 (16)	2 (2)		2 (2)	10,8 (12)	1-5	– проработка лекций и работа с литературой по теме; – решение задач; – дополнительное изучение отдельных тем;	Опрос, лабораторная работа контр. работа
4	Введение в теорию дискретных динамических систем	18 (20)	4 (4)		4 (2)	10 (14)	1-5	– проработка лекций и работа с литературой по теме; – решение задач; – дополнительное	Опрос, лабораторная работа контр. работа

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
								изучение отдельных тем;	
5	Устойчивость решений дискретных динамических систем	20 (20)	2 (2)		4 (4)	14 (16)	1-5	– проработка лекций и работа с литературой по теме; – решение задач; – дополнительное изучение отдельных тем;	Опрос, лабораторная работа контр. работа
6	Комплексные динамические системы	22 (24)	4 (4)		4 (4)	14 (16)	1-5	– проработка лекций и работа с литературой по теме; – решение задач; – дополнительное изучение отдельных тем;	Опрос, лабораторная работа контр. работа
	Всего часов:	106,8	18 (16)		24 (20)	64,8 (81)			

План лекционных и практических занятий.

План лекционных занятий

Тема 1 (4 ч. для очной формы обучения, 2 ч. для очно-заочной формы). Введение в теорию динамических систем.

Примерный план лекции: понятие оператора эволюции непрерывной динамической системы. Понятие оператора сдвига. Решения динамических систем. Понятие о качественном исследовании динамических систем. Свойства решений автономных систем. Понятие о

фазовом пространстве и фазовом портрете непрерывной динамической системы.

Тема 2 (2 ч. для очной и очно-заочной форм обучения). Фазовые портреты и траектории линейных и нелинейных систем.

Примерный план лекции: фазовые портреты и траектории линейных одномерных систем и линейных двумерных систем. Понятие о фазовых портретах нелинейных систем.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([1], [2], [3], [4]).

Тема 3 (2 ч. для очной и очно-заочной форм обучения). Элементы теории устойчивости.

Примерный план лекции: Устойчивость решений по Ляпунову. Устойчивость точек равновесия линейных и нелинейных систем.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([1], [2], [3], [4]).

Тема 4 (4 ч. для очной и очно-заочной форм обучения). Введение в теорию дискретных динамических систем.

Примерный план лекции: Оператор эволюции дискретной ДС. Решения дискретных систем. Неподвижные точки и циклы. Траектории одномерных систем. Периодичность Шарковского. Исследование отображения x^2+c . Получение хаоса с помощью удвоения периода. Условия, обеспечивающие возникновение явления получения хаоса с помощью удвоения периода. Диаграмма притягивающих орбит. Понятие точки Фейгенбаума и постоянной Фейгенбаума. Понятие хаоса.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([1], [2], [3], [4]).

Тема 5 (2 ч. для очной и очно-заочной форм обучения). Устойчивость решений дискретных динамических систем.

Примерный план лекции: Устойчивость неподвижных точек. Устойчивость циклов.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([1], [2], [3], [4]).

Тема 6 (4 ч. для очной и очно-заочной форм обучения). Комплексная динамика.

Примерный план лекции: Множество Жюлиа. Заполняющее множество Жюлиа. Алгоритмы построения множества Жюлиа и заполняющего множества Жюлиа. Орбиты в множествах Жюлиа. Получение множества Жюлиа с помощью обратной итерации. Диаграмма скоростей расходимости. Множество Мандельброта. Алгоритм построения множества Мандельброта.

Задания на самостоятельную работу: изучить лекционный материал с привлечением дополнительной литературы ([1], [2], [3], [4]).

Список литературы

1. Юмагулов М.Г. Введение в теорию динамических систем. С.-Петербург: Лань, 2015. – 272 с.
2. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2008.-182 с.
3. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. - М.: Постмаркет, 2000 - 352 с.
4. Юмагулов М.Г. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Теория и приложения. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2001.-400 с.

Перечень лабораторных занятий

Лабораторное занятие №1. (2 ч.)

Лабораторная работа №1. «Знакомство с математическим пакетом MatLab.»

Лабораторное занятие №2. (2 ч.)

Нахождение точек равновесий непрерывных ДС. Построение фазовых портретов непрерывных ДС.

Лабораторное занятие №3 (2 ч.)

Лабораторная работа № 2. «Построение фазовых портретов линейных непрерывных динамических систем». Исследование устойчивости точек равновесий непрерывных ДС.

Лабораторное занятие № 4 (2 ч.).

Лабораторная работа № 3. «Построение фазовых портретов нелинейных непрерывных динамических систем»

Лабораторное занятие № 5 (2 ч.).

Контрольная работа № 1. Непрерывные динамические системы.

Лабораторное занятие №6 (2 ч.).

Нахождение неподвижных точек и циклов одномерных дискретных динамических систем. Исследование устойчивости неподвижных точек и циклов одномерных дискретных динамических систем.

Лабораторное занятие №7 (2 ч.).

Лабораторная работа № 4. «Исследование отображения $x^2 + c$. Построение диаграммы притягивающих орбит данного отображения.»

Лабораторное занятие № 8 (2 ч.).

Лабораторная работа № 5. «Построение заполняющего множества Жюлиа».

Лабораторное занятие №9 (2 ч.).

Лабораторная работа № 6. «Построение множества Жюлиа методом обратной итерации».

Лабораторное занятие № 10 (2 ч.).

Лабораторная работа № 7. «Построение диаграммы скоростей расходимости»

Лабораторное занятие № 11 (2 ч.).

Лабораторная работа № 8. «Построение множества Мандельброта»

Лабораторное занятие № 12 (2 ч.).

Контрольная работа № 2. Дискретные динамические системы.

Рейтинг-план дисциплины

Компьютерное моделирование динамических систем

Направление Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки Прикладная математика и информационные технологии

Курс 3 , семестр б

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1 Введение в теорию динамических систем. Хаотическая динамика.				
Текущий контроль			9	20
1. Аудиторная работа			1	4
2. Выполнение лабораторных работ	-	4	8	16
Рубежный контроль			10	15
1. Письменная контрольная работа		1	10	15
Модуль 2. Элементы теории устойчивости. Комплексные динамические системы				
Текущий контроль			6	20
1. Аудиторная работа			1	4
2. Выполнение лабораторных работ		4	5	16
Рубежный контроль			10	15
1. Письменная контрольная работа		1	10	15
Поощрительные баллы				
Выполнение заданий повышенной трудности, участие в олимпиадах, конференциях			0	10
Посещаемость (баллы вычитываются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение лабораторных занятий			0	-10
Итоговый контроль				
1. Экзамен			0	30
ИТОГО			35	110

Модуль 1. Введение в теорию динамических систем. Хаотическая динамика.

Лабораторная работа № 1 (4 б.): Знакомство с Matlab.

Лабораторная работа № 2 (4 б.): Построение фазовых портретов линейных непрерывных динамических систем.

Лабораторная работа № 3 (4 б.): Построение фазовых портретов непрерывных динамических систем.

Лабораторная работа № 4 (4 б.): Неподвижные точки и диаграмма орбит одномерного дискретного отображения.

Рубежная контрольная работа (15 б.): по всем указанным темам.

Модуль 2. Комплексная динамика.

Лабораторная работа № 1 (4 б.): Заполняющее множество Жюлиа.

Лабораторная работа № 2 (4 б.): Множество Жюлиа.

Лабораторная работа № 3 (4 б.): Диаграмма скоростей расходимости.

Лабораторная работа № 4 (4 б.): Множество Мандельброта.

Рубежная контрольная работа (15 б.): по всем указанным темам.