

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Практикум по математическому моделированию
Кафедра прикладной математики факультета математики и
компьютерных наук

Образовательная программа
01.04.02-прикладная математика и информатика

Профиль подготовки
Математическое моделирование и вычислительная математика

Уровень высшего образования
Магистратура

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: *Вариативный*

Махачкала, 2017


Рабочая программа дисциплины «Практикум по математическому моделированию» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 – Прикладная математика и информатика (уровень магистратуры) от «17» августа 2015 г. №827.

Разработчики:

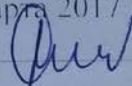
кафедра прикладной математики, Бейбалаев В.Д., к. ф.-м. н., доцент

Рабочая программа одобрена:

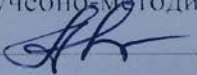
на заседании кафедры прикладной математики от «7» марта 2017 г., протокол №7

И. о. зав. кафедрой  Кадиев Р.И.

на заседании методического совета факультета математики и компьютерных наук от «10» марта 2017 г., протокол №4

Председатель  Меджидов З.Г.

Рабочая программа согласована с учебно-методическим управлением

«29» 03 2017 г. 

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 – прикладная математика и информатика (уровень магистратура) от «28» августа 2015 г. №911

Разработчики:

1. кафедра прикладной математики, Бейбалаев В.Д. к.ф.-м. н., доцент;

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры прикладной математики от «7» марта 2017г., протокол №7. Зав. кафедрой _____ Кадиев Р.И.

на заседании Методической комиссии факультета математики и компьютерных наук от «10» марта 2017г., протокол № 4.

Председатель _____ Меджидов З.Г.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « ____ » _____ 20 __ г. _____

(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина практикум по математическому моделированию входит в вариативную часть образовательной программы *магистратуры* по направлению (специальности) 01.04.02 – Прикладная математика и информатика.

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой прикладной математики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с моделированием различных процессов физики, химии, биологии и экономики и освоением методов разработки математических моделей, а также умением проводить расчетно-графические работы.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных – ОК-1, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-11.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лабораторные работы и самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольных и лабораторных работ и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза мен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всег о	из них						
Лекц ии		Лабораторн ые занятия	Практиче ские занятия	КСР	консульта ции			
9	108		36				72	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения курса «Практикум по математическому моделированию» - владение студентами навыков разработки математических моделей различных процессов естествознания и умение проводить расчетно-графические работы.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Практикум по математическому моделированию» входит в вариативную часть образовательной программы *магистратуры* по направлению (специальности) 01.04.02 –Прикладная математика и информатика.

Курс «Практикум по математическому моделированию» вводится после изучения дисциплин алгебра, информатика, математический анализ, дифференциальные уравнения, теория вероятностей и математическая статистика, так как для успешного усвоения этого курса студентам необходимы знания по указанным дисциплинам.

Изученные в курсе математические модели могут использовать при моделировании различных процессов естествознания.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	Уметь: абстрактно мыслить, проводить анализ и синтез.
ПК-5	способность управлять проектами, планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать риски, управлять командой проекта	Знать: методологию разработки проектов , методов планирования научно-исследовательской деятельности и анализа рисков. Уметь: пользоваться ЭВМ для разработки проектов , методов планирования и анализа рисков
ПК-7	Способность разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы	Знать: математические методы

	научно-прикладных проектов	разработки и оптимизации научно-прикладных проектов Уметь: разрабатывать и оптимизировать бизнес и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов
ПК-8	Способность разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры	Знать: методы разработки корпоративных стандартов и профилей функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры Уметь: разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры.
ПК-11	Способность разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий	Знать: аналитические методы обзора состояния области прикладной математики и информационных технологий. Уметь: разрабатывать аналитические методы обзора состояния области прикладной математики и информационных технологий

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лаб. Раб.	Сам. раб	Подг. к экз.	Общ. тр	
Модуль 1. Дифференциальные модели						12	24		36	
1	Модель линейного гармонического осциллятора	9	1-3			6	12		18	Индивидуальный фронтальный опрос, лабораторная работа.
2	Вынужденные колебания гармонического осциллятора.	9	4-6			6	12		18	
Модуль 2. Нелинейные дифференциальные модели						12	24		36	----
2	Модель хищник-жертва	9	7-9			4	8		12	-----
3	Тримолекулярная модель («Брюсселятор»)	9	10-12			4	8		12	---
4	Модель Лоренца	9	13-15			4	8		12	-----

Модуль 3. Дифференциальные модели, описываемые дробными дифференциальными уравнениями						12	24		36	
5	Модель фрактального осциллятора	9	10-11			4	8		12	---
6	Модель хищник-жертва в нелокальной постановке	9	12-13			4	8		12	
7	Фрактальный брюсселятор	9	14-15			4	8		12	---
ИТОГО:						36	72		108	зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1. Дифференциальные модели.

Тема 1. Линейный гармонический осциллятор. Рассматриваем колебания тела относительно точки подвеса O , не совпадающие с центром масс тела. При этом будем полагать, что сила трения в оси пренебрежимо мала, сопротивление движения отсутствует, тело при движении не деформируется. Исследуем математическую модель линейного гармонического осциллятора и разрабатываем компьютерную модель.

Тема 2. Вынужденные колебания гармонического осциллятора. Рассматриваем колебания гармонического осциллятора, в случае, когда происходит вынужденные колебания. Исследуем математическую модель вынужденных колебаний гармонического осциллятора.

Модуль 2. Нелинейные дифференциальные модели

Тема 3. Математическая модель хищник-жертва. Современные холистические взгляды на естественнонаучную картину мира, включающую физические, биологические и другие процессы, опираются на фундаментальный принцип всеобщей связи природных явлений и на принцип развития. При этом выделяется физическое (биологическое) ядро природных систем как совокупность низших редукционистских форм материи со своими

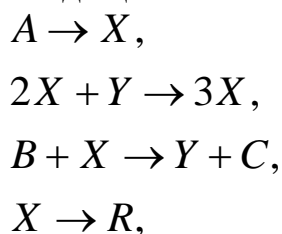
законами движения. Сам принцип подчинения нелинейной динамики в математическом плане основывается на идее разделения исходной системы на медленные и быстрые подсистемы. При этом осуществляется процедура адиабатического исключения переменных с характерными временными масштабами. Помимо принципа подчинения, для нелинейной динамики важное значение имеет также понятие параметра порядка.

В 1931 г. Вито Вольтерра предложил модель хищник-жертва. Пусть на некоторой замкнутой территории обитают два вида: вегетарианцы-жертвы и хищники, охотящиеся на жертв.

Тема посвящена исследованию с помощью ЭВМ математической модели Вольтера.

Тема 4. Тримолекулярная модель «Брюсселятор». Брюсселятор «или тримолекулярная модель была предложена Пригожиным и Лефевром в 1965 г. И представляет собой наиболее исследованную систему, которая при различных значениях параметров может обладать разнообразным поведением во времени и пространстве. На этой модели удастся выявить условия возникновения типов самоорганизации в биологических и химических системах.

Брюсселятор представляет собой следующую схему гипотетических химических реакций, происходящих в тонком и длинном сосуде:



где A, B - исходно заданные вещества, распределенные в трубке равномерно, R и C - вещества, которые выпадают в виде осадка. Вещества X и Y диффундируют вдоль трубки и участвуют в химическом процессе. Математическая модель этой динамической системы имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= a + x^2 y - (b + 1)x, \\ \frac{dy}{dt} &= bx - x^2 y. \end{aligned}$$

Тема 5. Рассматриваем модель Лоренца. Исследуем математическую модель Лоренца. Определяем хаотические решения в зависимости от параметров системы. Изучаем странные аттракторы системы.

Модуль 3. Дифференциальные модели, описываемые дифференциальными уравнениями дробного порядка.

Тема 6. «Фрактальный» осциллятор. Математическая модель фрактального осциллятора задается уравнением:

$${}^C D_{0t}^\alpha x(t) + \omega^\alpha x(t) = f(t),$$

где $1 < \alpha \leq 2$.

В случае, когда $f(t) = 0$ мы получим осцилляторное уравнение с производной дробного порядка вида

$${}^C D_{0t}^\alpha x(t) + \omega^\alpha x(t) = 0,$$

где $1 < \alpha \leq 2$, ω - частота, t - время.

Решение дифференциального уравнения, удовлетворяющее начальным условиям $x(0) = a$, $\dot{x}(0) = b$ имеет вид:

$$x(t) = aE_{\alpha,1}(-(\omega t)^\alpha) + btE_{\alpha,2}(-(\omega t)^\alpha),$$

где a, b - константы интегрирования.

При $\alpha = 2$ имеем $E_{2,1}(-z^2) = \cos(z)$, $E_{2,2}(-z^2) = \sin(z)/z$ и решение принимает известный вид $x(t) = a \cos(\omega t) + \frac{b}{\omega} \sin(\omega t)$.

Отметим некоторые особенности решений фрактального осциллятора для случая $1 < \alpha < 2$, когда решения носят затухающий характер. Для обыкновенного осциллятора с затуханием также существуют затухающие решения, однако, природа затухания этих решений разная. Если для обыкновенного осциллятора затухание вызвано диссипативными процессами, которые явно вносятся в дифференциальное уравнение в виде членов содержащих нечетные производные, то в случае «фрактального» осциллятора затухание связано с учетом эффектов памяти (нелокальность по времени). Для выяснения соответствия между затухающими решениями обыкновенного и «фрактального» осциллятора определим значения α исходя из равенства (2.9). Предварительно рассмотрим вопрос о возможности использования решений (2.9) «фрактального» осциллятора как базисную систему функций для параметрического представления различных нелинейных колебаний. Пусть $F(t)$ некоторая функция времени и рассмотрим выражение

$$F(t) = aE_{\alpha,1}(-(\omega t)^\alpha) + \frac{b}{\omega} t E_{\alpha,2}(-(\omega t)^\alpha),$$

как уравнение относительно α . Решая это уравнение для каждого значения t и ω мы определим функцию $\alpha_F = \alpha_F(t, \omega, a, b)$. Полученная функция, при его существовании, определяет какие решения «фрактального» осциллятора из множества решений «участвуют» при формировании функции $F(t)$. В результате мы получим своего рода «параметрическое» представление для функции $F(t)$

$$F(t) = aE_{\alpha_F,1}(-(\omega t)^{\alpha_F}) + \frac{b}{\omega} tE_{\alpha_F,2}(-(\omega t)^{\alpha_F}).$$

При этом важно то, что вид полученной функции может служить основой квалификации нелинейных процессов.

Для демонстрации возможностей такого представления мы поступим обратно. Зададим формально различные $\alpha = \alpha(t)$ и рассмотрим, какие при этом образуются $F(t)$. Другими словами, для полученных зависимостей $F(t)$ существует функция $\alpha_F = \alpha_F(t, \omega, a, b)$. Единственное условие, ограничивающее класс рассматриваемых функций $\alpha = \alpha(t)$, это условие $1 < \alpha \leq 2$.

Рассмотрим, например, случай, когда α определяется зависимостью вида $\alpha(t) = [(1 - \delta - \varepsilon)\cos(kt) + (\varepsilon - \delta + 3)]/2$.

Здесь δ и ε удовлетворяют следующим условиям: $\delta, \varepsilon \geq 0$, $\delta + \varepsilon < 1$, k – произвольное число. При этом δ и ε определяют границы изменения $\alpha(t)$: $1 + \varepsilon < \alpha(t) \leq 2 - \delta$.

Рассматривая функцию:

$$\alpha(t) = [(1 - \delta - \varepsilon)\cos(k \cos(x(t))) + (\varepsilon - \delta + 3)]/2, \quad (2.12)$$

можно параметрически представить сложный нелинейный сигнала $F(t)$ на базе решений.

Тема 7. В качестве нелокальной модели «хищник-жертва» исследуем систему дифференциальных уравнений с производными дробного порядка вида:

$$\begin{aligned} {}^C D_{0t}^\alpha x(t) &= x(a - by), \\ {}^C D_{0t}^\alpha y(t) &= -y(c - dx), \\ x(0) &= x_0, y(0) = y_0 \end{aligned} \quad (2.1)$$

где $0 < \alpha \leq 1$, $c > 0$ -коэффициент убыли хищников, y – их численность в данный момент времени, y_0 - их численность в начальный момент времени, $b > 0$ - коэффициент убыли жертв при встрече с хищником, $d > 0$ - коэффициент, зависящий от того, как часто встреча хищника с жертвой заканчивается трапезой, x_0 - их численность в начальный момент времени, α - параметр, учитывающий информацию о «прошлом» системы.

5. Образовательные технологии

Лабораторные работы проводятся в компьютерных классах с использованием меловой доски и мультимедийного проектора. Для проведения лабораторных занятий необходима аудитория, оснащенная компьютерами, мультимедиа-проектором, экраном, доской, ноутбуком (с программным обеспечением для демонстрации слайд-презентаций).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1. Темы для рефератов.

1. Неравновесность и порядок в системах.
2. Дивергенция и аттракторы систем.
3. Бифуркация нелинейных систем.
4. Направленная самоорганизация систем.
5. Принцип динамического расширения-сжатия фазового

пространства.

6.2. Темы для самостоятельного изучения.

- Обратимость и необратимость процессов в системах.
- Аттракторы и репеллеры.
- Эволюционные уравнения синергетики и параметры порядка.
- Самоорганизация и диссипативные структуры.
- Концепция управляемого взаимодействия энергии, вещества и информации.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-1	Уметь: абстрактно мыслить, проводить анализ и синтез	Лабораторные работы, контрольные работы, зачет
ПК-5	Знать: методологию разработки проектов, методов планирования научно-исследовательской деятельности и анализа рисков. Уметь: пользоваться	Лабораторные работы, контрольные работы, зачет

	ЭВМ для разработки проектов , методов планирования и анализа рисков	
ПК-7	Знать: математические методы разработки и оптимизации научно-прикладных проектов Уметь: разрабатывать и оптимизировать бизнес и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов	Лабораторные работы, контрольные работы, зачет
ПК-8	Знать: методы разработки корпоративных стандартов и профилей функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры Уметь: разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры.	Лабораторные работы, контрольные работы, зачет
ПК-11	Знать: аналитические методы обзора состояния области прикладной математики и информационных технологий. Уметь: разрабатывать аналитические методы обзора состояния	Лабораторные работы, контрольные работы, зачет

	области прикладной математики и информационных	
--	--	--

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность демонстрации общенаучных базовых знаний естественных наук, математики и информатики, понимание основных фактов, концепций, принципов теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой»

ОК-1

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Уметь: абстрактно мыслить, проводить анализ и синтез.	Демонстрирует слабые знания математического аппарата	Может использовать математический аппарат для моделирования	Может эффективно использовать математический аппарат для моделирования и осуществлять расчетно-графические работы.

ПК-5

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность приобретать» навыки в организационно-управленческой деятельности

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знать: методологию разработки проектов, методов планирования	Имеет неполное представление об основах математического моделирования, получения и обработки	Допускает неточности в понимании основ математического моделирования	Демонстрирует четкое представление об основах математического моделирования,

	научно-исследовательской деятельности и анализа рисков. Уметь: пользоваться ЭВМ для разработки проектов, методов планирования и анализа рисков	информации	, получения и обработки информации	получения и обработки информации
--	---	------------	------------------------------------	----------------------------------

ПК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность понимать навыки в организационно-управленческой деятельности»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знать: математические методы разработки и оптимизации научно-прикладных проектов Уметь: разрабатывать и оптимизировать бизнес и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов	Демонстрирует слабое умение осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей	Может осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей	Может эффективно осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей

ПК-8

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность понимать и применять в нормативно-методической деятельности»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	<p>Знать: методы разработки корпоративных стандартов и профилей функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры</p> <p>Уметь: разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры</p>	Демонстрирует слабое умение осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей	Может осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей	Может эффективно осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей

ПК-11

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность понимать и применять в консалтинговой деятельности»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

Пороговый	<p>Знать: аналитические методы обзора состояния области прикладной математики и информационных технологий.</p> <p>Уметь: разрабатывать аналитические методы обзора состояния области прикладной математики и информационных технологий</p>	Демонстрирует слабое умение осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей	Может осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей	Может эффективно осуществлять постановку задач и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности математических моделей
-----------	--	--	--	---

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

7.3. Типовые контрольные задания

Контрольная работа № 1

1. Что описывает модель гармонического осциллятора?
2. Какие типы особых точек получают в случаях гармонических, затухающих и вынужденных колебаний?
3. Какова будет динамика популяции жертв (в классической и модифицированной моделях), если все хищники исчезнут?
4. Какова будет динамика популяции хищников (в классической и модифицированной моделях), если все жертвы исчезнут?

Контрольная работа № 2

1. Что описывают точечная и распределенная модели?
2. При каком условии в точечной модели особая точка меняет тип (неустойчивый фокус – неустойчивый узел и устойчивый фокус – устойчивый узел)?
3. При каких условиях в распределенной системе возможна

самоорганизация?

4. Что происходит с фазовым портретом при переходе к дробным производным?

5. Какие типы особых точек получают в случае гармонического осциллятора, а какие в случае фрактального осциллятора?

Ориентировочный перечень вопросов к зачету, экзамену по всему курсу

Общие вопросы.

1. Что описывает модель гармонического осциллятора?

2. Какие типы особых точек получают в случаях гармонических, затухающих и вынужденных колебаний?

3. Какова будет динамика популяции жертв (в классической и модифицированной моделях), если все хищники исчезнут?

4. Какова будет динамика популяции хищников (в классической и модифицированной моделях), если все жертвы исчезнут?

5. Что описывают точечная и распределенная модели?

6. При каком условии в точечной модели особая точка меняет тип (неустойчивый фокус – неустойчивый узел и устойчивый фокус – устойчивый узел)?

7. При каких условиях в распределенной системе возможна самоорганизация?

8. Что такое аттрактор, странный аттрактор?

9. Поясните, что означают аттракторы разных типов: притягивающая точка, предельный цикл, странный аттрактор.

10. Можно ли утверждать, что, воздействуя на реальную систему, модель поведения которой в фазовом пространстве имеет аттракторы типа притягивающая точка и предельный цикл, после воздействия мы вернемся к исходному ее состоянию?

11. Что происходит с фазовым портретом при переходе к дробным производным?

12. Какие типы особых точек получают в случае гармонического осциллятора, а какие в случае фрактального осциллятора?

13. Какова будет динамика популяции жертв (в классической и обобщенной моделях), если все хищники исчезнут?

14. Какова будет динамика популяции хищников (в классической и обобщенной моделях), если все жертвы исчезнут?

15. Что происходит в фазовой плоскости брюсселятора при переходе к дробным производным?

16. Какие типы особых точек получают в обобщенной модели

брюсселятора при различных значениях параметров?

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 30 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на лабораторных занятиях - 10 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- лабораторная работа - 30 баллов,
- письменная контрольная работа - 40 баллов,

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

а) основная литература:

1. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976. 286 с. 12
2. Ризниченко Г. Ю., Рубин А. Б. Математические модели биологических продукционных процессов. М.: Изд. МГУ, 1993.
3. Пригожин И. Р. От существующего к возникающему. М.: Едиториал УРСС, 2002.
4. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Учебное пособие. 4-е изд., испр. М.: Едиториал УРСС, 2004.
5. Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой. М.: Изд. УРСС, 2008.-224 с.
6. Бейбалаев В.Д., Назаралиев М.А. Динамические системы, описываемые дифференциальными уравнениями с производными дробного порядка.- ИПЦ ДГУ, 2012.- 85 с.

б) дополнительная литература:

1. Шустер Г. Детерминированный хаос. Введение. М.: Мир, 1988.
2. Кузнецов С.П. Динамический хаос (курс лекций). М.: Изд. Физико-математической литературы, 2001. 296 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Информационная система
моделей [Электронный ресурс]: / Руководитель проекта Ризниченко Г. Ю. URL:
<http://www.dmb.biophys.msu.ru/registry?article=53>.

« Дин

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Для успешного освоения курса студентам рекомендуется проводить самостоятельный разбор материалов лабораторных занятий в течении семестра. В случае затруднений в понимании и освоении каких-либо тем решать дополнительные задания из учебных пособий, рекомендуемых к данному курсу.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства: пакеты для решения задач математического программирования: MathCAD и Mat LAB, объектно-ориентированное программирование в среде Delphi и C++.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

4 компьютерных класса на математическом факультете (40 компьютеров), оснащенных аудио и видеоаппаратурой.