

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.О.04.01

(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Непрерывные математические модели 1

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)
01.04.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация
Математическое моделирование

Форма обучения: очная

Год набора: 2020

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	1	Итого
Форма контроля	экзамен	
Вид занятий		
Лекции	18	18
Лабораторные		
Практические	34	34
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	52,35	52,35
Самостоятельная работа	56	56
Контроль	35,65	35,65
Итого	144	144

Рабочую программу составил(и):

Доцент, к.ф.-м.н. Панфёров А.А.
(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности)

01.04.02 Прикладная математика и информатика

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО)

Срок действия программы дисциплины до «31» августа 2022 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры «Прикладная математика и информатика»

(протокол заседания № 1 от «09» сентября 2019г.).

1. Цель освоения дисциплины

1. Цель освоения дисциплины

Цель – обучение студентов простейшим приемам и методам построения математических моделей непрерывных детерминированных физических процессов и теоретическому исследованию этих моделей, овладение используемыми математическим инструментарием и расчётными алгоритмами.

Задачи:

1. Ознакомить студентов с классификацией математических моделей, способами и этапами их построения;
2. Научить студентов строить математические модели конкретных физических процессов;
3. Обучить студентов применению расчетных алгоритмов, используемых при построении моделей физических процессов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к базовой части цикла Б1 Дисциплины (модули). Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – математический анализ, дифференциальные уравнения, языки программирования, основы компьютерной графики.

Знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины необходимы для освоения дисциплин «Непрерывные математические модели 2», «Непрерывные математические модели 3», а также для выполнения выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
(ОПК-2) Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	(ИОПК-2.1) Демонстрирует понимание теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования.	Знать: приемы анализа и синтеза, возможности самореализации
	(ИОПК-2.2) Анализирует существующие методы решения прикладных задач для выбора рационального решения.	Уметь: абстрактно мыслить, самостоятельно изучать научную литературу
	(ИОПК-2.3) Демонстрирует способности совершенствовать существующие методы прикладной математики, а также реализовывать новые математические методы решения прикладных задач.	Владеть: приемами анализа и синтеза, творческими навыками при компьютерном моделировании задачи
(ОПК-3) Способен разра-	(ИОПК-3.1) Демонстрирует	Знать: приемы для приобрете-

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
батывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	знания методов и принципов математического моделирования	ния новых знаний в области математического моделирования
	(ИОПК-3.2) Анализирует проблемы профессиональной деятельности, требующие использования современных научных исследований на основе математики.	Уметь: использовать новые знания в практической деятельности в области прикладной математики и информатики, разделов физики
	(ИОПК-3.3) Демонстрирует умения математического моделирования различных явлений и процессов	Владеть: информационными технологиями для приобретения новых знаний в области прикладной математики, информатики, физики.

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел, модуль	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Объ-ем, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Раздел 1. Простейшие математические модели.	лекции	Тема 1. Примеры математических моделей на основе законов сохранения, вариационного принципа, на основе аналогий. Падение тел. Траектория всплытия подводной лодки.	2	Разноуровневые задачи
	практика		2	
	сам. раб.		4	
	лекции	Тема 2. Модели колебаний. Колебания колец Сатурна. Колебания шарика на пружине, гармонический осциллятор. Колебания маятника в поле силы тяжести. Колебательный электрический контур. Вынужденные колебания. Затухающие колебания.	2	Разноуровневые задачи
	практика		2	
	сам. раб.		4	
	лекции	Тема 3. Иерархическое построение моделей на примерах многоступенчатой ракеты и колебаний шарика на пружине.	2	Разноуровневые задачи
	практика		2	
	сам. раб.		4	
	лекции	Тема 4. Модели соперничества. Логистическая модель. Хищник-жертва. Модель зарплаты-занятости. Равновесие рыночной экономики. Динамика скоплений амёб. Война двух армий.	2	Разноуровневые задачи
	практика		2	
	сам. раб.		4	
Раздел 2. Модели из вариационных принципов.	лекции	Тема 1. Законы сохранения. Консервативные системы. Принцип наименьшего действия. Гамильтонов формализм. Уравнения Лагранжа. Первые интегралы. Применение принципа Гамильтона в механике сплошной среды: волновое уравнение колебаний струны.	2	Разноуровневые задачи
	практика		4	
	сам. раб.		8	
Раздел 3. Исследование математических моделей.	лекции	Тема 1. Динамическая система. Фазовое пространство состояний и фазовая траектория, потоки и эволюция. Автономные уравнения.	2	Разноуровневые задачи
	практика		4	
	сам. раб.		8	
	лекции	Тема 2. Линейные и нелинейные модели. Локальное и глобальное поведение. Линеаризация в окрестности неподвижной точки. Устойчивость неподвижных точек. Предельные циклы.	2	Разноуровневые задачи
	практика		4	
	сам. раб.		8	
	лекции	Тема 3. Разностные методы решения ОДУ. Необходимость контроля энергии.	2	Разноуровневые за-

	практика	Способы уменьшения погрешности вычислений. Одношаговые и многошаговые методы. Алгоритм Верле.	4	дачи
	сам. раб.		8	
Раздел 4. Моделирование сложных динамических систем	лекции	Тема 1. Задача двух тел. Приведённая масса. Задача Кеплера. Эллиптические орбиты. Возмущения орбиты. Орбита в пространстве скоростей.	1	Разноуровневые задачи
	практика		5	
	сам. раб.		4	
	лекции	Тема 2. Метод молекулярной динамики (ММД). Различные потенциалы взаимодействия (потенциал Борна Майера, Леннарда - Джонса и др.).	1	Разноуровневые задачи
	практика		5	
	сам. раб.		4	
Итого:			108	

5. Образовательные технологии

Используются стандартные (традиционные) образовательные технологии: лекции и практические занятия в компьютерном классе, самостоятельная работа.

6. Методические указания по освоению дисциплины

Большинство практических задач требуют графической визуализации и численного решения с использованием компьютерных программ. Предпочтительнее использовать MathCAD: интерфейс, адаптированный к привычному письму на бумаге, не требует долгого обучения ему.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
ОПК-2	Вопросы к экзамену №№ 1-13, 25-40
ОПК-3	Вопросы к экзамену №№ 14-24, 41-60

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Разноуровневые задачи

Типовые примеры задания

Комплект № 1:

1) Построить модель гармонических (ангармонических, затухающих) колебаний материальной точки при заданных условиях. Найти и построить: 2) фазовую траекторию; 3) график зависимости энергии от времени для алгоритма с коррекцией и без; 4) график зависимости периода колебаний от амплитуды. <u>Варианты:</u>						
№ задания	Масса точки	Координата	Возвращающая сила	Логарифм. декремент	Начальные условия	Алгоритм, шагов: N =
1	1	Расстояние x	$-2x$	0,2	$x=0, dx/dt=1$	1
2	3	Угол φ	$-\sin \varphi$	0	$\varphi = 3\pi/4, d\varphi/dt = 0$	2

3	4,5	Длина дуги s	$-5s$	0,1		3
4	10	Расстояние x	$-4x - x^3$	0	$x = 1; 7,$ $dx/dt = 0$	1

Комплект № 2: Найти гамильтониан для системы и нарисовать фазовый портрет

Варианты:

1. $dx_1/dt=x_2, dx_2/dt=-x_1+x_1^3$
2. $dx_1/dt=x_2, dx_2/dt=1+x_1^2$
3. $dx_1/dt=x_1(1-x_2), dx_2/dt=-x_2(1-x_1)$
4. $dx_1/dt=x_1, dx_2/dt=-x_2$
5. $dx_1/dt=\sec(x_1), dx_2/dt=-x_2^2 (|x_1|<\pi/2)$
6. $dx_1/dt=x_1(x_1\exp(x_2)-\cos(x_2)), dx_2/dt=\sin(x_2)-2x_1\exp(x_2)$
7. $dx_1/dt=x_1x_2-3x_1^3, dx_2/dt=x_2^2-6x_1^2x_2+x_1^4$ (сделать замену $x_2=ux_1^4$)
8. $dx_1/dt=x_1x_2, dx_2/dt=\ln(x_1)$ (в области $x_1>1$)
9. $d/dt(dx/dt)=-x+ax^2$, где $a>0$
10. $d/dt(dx/dt)=ax^{(-2)}$, где $a>0$
11. $dx_1/dt=x_1(1+x_2), dx_2/dt=-x_2(1+x_1)$
12. $dx_1/dt=x_2, dx_2/dt=x_1$

Комплект № 3: Составить математическую модель движения взаимодействующих тел в ограниченной области сложной формы.

Варианты:

№ варианта	N	Масса частицы	Граница области движения	Граничные условия	Потенциал взаимодействия
1	4	1	Квадрат 1×1	Периодические	Леннарда - Джонса
2	5	3	Прямоуг. 30×10	Периодические	Твердое ядро радиуса 0,3
3	4	0,1	Единичная окружность	Упругое отражение	Борна - Майера
4	3	0,3	Эллипс $x^2 + 3y^2 = 1$	Упругое отражение	Леннарда - Джонса
5	4	0,7	Единичная окружность + секущая прямая	Упругое отражение	Борна - Майера
6	3	5	Параллелограмм с острым углом 30 и сторонами 1 и 2	Периодические	Борна - Майера
7	5	2	Парабола $y=x^2$ и прямая $y=x+1$	Упругое отражение	Леннарда - Джонса
8	4	1,5	Гипербола $y = 1/x$ и прямая $y=-x+5$	Упругое отражение	Борна - Майера
9	3	0,5	Эллипс	Упругое отра-	Твердое ядро радиуса 0,05

			$2x^2 + y^2 = 1$ и прямая $y=0$ ($y>0$)	жение	
10	4	2,3	Параболы $y=x^2\pm 1$, прямые $x=\pm 2$	Периодические	Борна - Майера

Краткое описание и регламент выполнения

Контролируется индивидуальное выполнения задач

Критерии оценки:

Задачи «зачтены», если полностью решены

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Основные понятия математического моделирования.
2	Классификация математических моделей.
3	Способы построения конкретных моделей.
4	Универсальность математических моделей.
5	Роль законов природы в построении математических моделей.
6	Пример математической модели: одноступенчатая ракета.
7	Пример математической модели: определение скорости пули.
8	Пример математической модели: сверление металла.
9	Вариационный принцип построения моделей.
10	Использование аналогий в построении математических моделей.
11	Пример математической модели: хранение хранения радиоактивного вещества.
12	Модель цепной реакции ядерного взрыва.
13	Пример математической модели: малые упругие колебания сплошной среды.
14	Логистическая модель.
15	Модель Мальтуса.
16	Пример математической модели: колебания шарика на пружине.
17	Пример математической модели: колебания колец Сатурна.
18	Пример математической модели: математический маятник.
19	Пример математической модели: электрический колебательный контур.
20	Пример математической модели: вынужденные колебания.
21	Пример математической модели: затухающие колебания.
22	Модель изменения зарплаты и занятости.
23	Модель Лотки-Вольтера.
24	Модель динамики скоплений амёб.
25	Модель войны двух армий.
26	Иерархическое построение моделей на примере многоступенчатой ракеты.
27	Пример математической модели: движение тела, брошенного под углом к горизонту при наличии сил сопротивления среды.
28	Непрерывные математические модели. Примеры.
29	Дискретные математические модели. Примеры.
30	Линейные математические модели. Примеры.

31	Нелинейные математические модели. Примеры.
32	Подходы к анализу нелинейных моделей.
33	Нелинейные колебания шарика на пружине.
34	Консервативные системы. Первые Интегралы.
35	Математические модели динамики: подход Лагранжа-Эйлера.
36	Математические модели динамики: уравнения Гамильтона.
37	Функция Гамильтона, ее роль при моделировании механических систем.
38	Применение формализма Гамильтона к колебаниям шарика на пружине.
39	Применение формализма Гамильтона к колебаниям струны.
40	Фазовое пространство в моделях механики.
41	Фазовая траектория, качественный анализ поведения системы.
42	Особые точки и предельные циклы фазового пространства.
43	Приближенные решения. Необходимость контроля энергии.
44	Основные идеи численной схемы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
45	Корректирующие алгоритмы.
46	Погрешности вычислений при моделировании непрерывных процессов. Различные типы погрешностей.
47	Способы уменьшения погрешности вычислений.
48	Одношаговые и N-шаговые методы.
49	Численные методы Адамса-Мултона.
50	Численные методы Адамса-Бэшфорта.
51	Алгоритм Верле.
52	Роль численных методов при математическом моделировании физических процессов.
53	Задача двух тел в механике.
54	Задача Кеплера. Эллиптические орбиты.
55	Орбиты в пространстве скоростей.
56	Метод молекулярной динамики (ММД), основные положения.
57	Различные потенциалы взаимодействия в ММД. Потенциал Леннарда – Джонса.
58	Различные потенциалы взаимодействия в ММД. Потенциал Борна - Майера.
59	Этапы моделирования динамики многих частиц в ММД.
60	Краевые условия в ММД.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
Экзамен (письменно)	«Отлично»	Полностью раскрыт теоретический вопрос билета. Не менее 80% положительных ответов на дополнительные вопросы. Разноуровневые задачи зачтены на 85%
	«Хорошо»	Теоретический вопрос в целом раскрыт, но имеются неточности. Не менее 60% положительных ответов на дополнительные вопросы. Разноуровневые задачи зачтены на 70%

	«Удовлетворительно»	Теоретический вопрос раскрыт частично, даны лишь необходимые определения. Имеются решенные разноуровневые задачи и задания в семестре, но число зачетных задач менее 70%. Дополнительные задачи не дополняют число решенных задач до 70%
	«Неудовлетворительно»	Не выполнено ни одно из вышеперечисленных требований

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Юмагулов, М.Г.	Введение в теорию динамических систем	Учебное пособие	2015	ЭБС «Лань»
2	Голубева, Н.В.	Математическое моделирование систем и процессов	Учебное пособие	2016	ЭБС «Лань»
3	Амосов, А.А., Дубинский, Ю. А., Копченова, Н. В.	Вычислительные методы	Учебное пособие	2014	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Юдович, В.И.	Математические модели естественных наук	Учебное пособие	2011	ЭБС «Лань»
2	Поршнева, С.В.	Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD	Учебное пособие	2011	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Библиотека eLibrary [Электронный ресурс] http://elibrary.ru/project_books.asp
- Журнал вычислительной математики и математической физики [Электронный ресурс] <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7791>
- Математическое моделирование [Электронный ресурс]
http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?jrnid=mm&wshow=contents&option_lang=rus

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	MATLAB & Simulink	Договор 652/2014 от 07.07.2014 Бессрочный
2	C++ Builder	Договор 564 от 22.02.07 Бессрочный
3	MathCAD	MCD-7514-P/ MCD-7503CP от 21.07.2009

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (УЛК – 312)	23 посадочных места (стол ученический-27 шт.), Переносной проектор, экран, стол преподавательский-1 шт., стулья-27 шт., доска аудиторная (маркерная)-1шт., компьютеры с выходом в сеть Интернет - 20 шт
2	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ.	Компьютер (монитор 17", системный блок Intel (R) Celeron (R) 2,66 GHz / 1 Gb / 80 Gb) - 18шт., маршрутизатор 2801 Router-6 шт., коммутатор Catalyst-6 шт., экран/интерактивная

	работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (УЛК - 408)	доска Smart Board ТВ-1 шт., проектор Acer P1303W., стол преподавательский-1шт., стол ученический-13шт., стол компьютерный-18 шт., стул- 50 шт., доска аудиторная (маркерная)-1 шт.Компьютер-17шт.
3	Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации (Г-401).	Стол ученический-26 шт., стул-26 шт., компьютер с выходом в сеть интернет-16 шт