

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.05.01 <i>(индекс дисциплины)</i>	Математические методы в решении научно-прикладных задач <i>(Наименование дисциплины)</i>
--	--

Кафедра: **16** Прикладной математики и информатики
Код (Наименование кафедры)

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Прикладная математика и информатика

Уровень образования: бакалавриат

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	180		
	Аудиторные занятия	56		
	Лекции	28		
	Практические занятия	28		
	Самостоятельная работа	124		
	Промежуточная аттестация			
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Зачет	8		
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		5		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная								5		
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным
государственным образовательным стандартом высшего образования
по направлению подготовки 010302 Прикладная математика и информатика

На основании учебных планов № б010302-3_20

Кафедра-разработчик: Прикладной математики и информатики

Заведующий кафедрой: Яковлев В.П.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Прикладной математики и информатики

Заведующий кафедрой: Яковлев В.П.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
Блок 1:
Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

- дать представление обучаемым о современных методах построения, реализации и исследования моделей объектов, процессов и систем разнообразной природы;
- объяснить обучаемым как устроены и как действуют живые системы. При этом главное внимание обратить на связь между биологическими явлениями и аналогичными процессами в физике, механике, термодинамике, теории регулирования, теории колебаний.

1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть:
общие принципы построения математических моделей и их использование в конкретных ситуациях для анализа процессов эволюции, роста клеточных популяций, построения экологических моделей.
- Научить понимать и применять:
компьютер в качестве средства познания и научных исследований в различных областях практической деятельности и научных исследований;
методы моделирования для решения конкретных задач;
сформировать навыки в области моделирования процессов и систем различной природы.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК-2	способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	3

Планируемые результаты обучения

Знать:

- 1) основные понятия и методы аналитической геометрии, линейной алгебры и математического анализа;
- 2) численные методы и основные способы компьютерной обработки данных.

Уметь:

- 1) применять методы обработки информации для решения прикладных задач в профессиональной деятельности

Владеть:

- 1) методами сбора и обработки данных;
- 2) современными компьютерными и информационными технологиями;
- 3) методами построения математической модели профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.

1.5. Дисциплины образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4.:

- Теория вероятностей и математическая статистика (ПК-2);
- Дифференциальные уравнения (ПК-2);
- Теория игр и исследование операций (ПК-2)
- Уравнения математической физики (ПК-2);
- Численные методы (ПК-2);
- Дискретная математика (ПК-2).

- Базы данных (ПК-2)
- Операционные системы (ПК-2)
- Сетевые технологии (ПК-2)
- Методы оптимизации (ПК-2)
- Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) (ПК-2)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное	заочное обучение
Учебный модуль 1. Введение.			
Тема 1. Моделирование как метод познания.	9		
Моделирование и его роль в познавательной и практической деятельности, моделирование как метод познания. Цели и задачи моделирования. Понятие «математическая модель».			
Тема 2. Формализация и математическое моделирование. Проблемы современных естественных наук.	9		
Основные понятия формализации. Понятие формальной системы. Современные проблемы в естествознании.			
Текущий контроль 1: устный опрос	2		
Учебный модуль 2. Введение в математическую биологию			
Тема 3. Модели систем, описываемые одним дифференциальным уравнением	20		
Стационарное состояние (точка покоя, особая точка, состояние равновесия) Устойчивость состояния равновесия Аналитический метод исследования устойчивости стационарного состояния (метод Ляпунова). Линеаризация системы в окрестности стационарного состояния. Логистическое уравнение. Модели роста популяции. Уравнение экспоненциального роста.			
Тема 4. Модели, описываемые системой 2х автономных дифференциальных уравнений	20		
Фазовая плоскость Метод изоклин. Линейные системы. Исследование устойчивости стационарных состояний нелинейных систем второго порядка. Метод функций Ляпунова исследования устойчивости стационарного состояния			
Текущий контроль 2: письменный опрос	2		
Учебный модуль 3. Хаос. Понятие странного аттрактора.			
Тема 5. Динамический хаос	20		
Основные понятия теории динамических систем. Предельные множества. Динамический хаос. Линейный анализ устойчивости траекторий. Показатель Ляпунова. Диссипативные системы.			
Тема 6. Странные аттракторы	20		
Аттракторы. Странные аттракторы.			
Текущий контроль 3 письменный опрос	2		
Учебный модуль 4. Модели сложных систем			
Тема 7. Модели взаимодействия видов	20		
Гипотезы Вольтерра. Аналогии с химической кинетикой. Вольтерровские модели взаимодействий. Классификация типов взаимодействий Конкуренция. Хищник-жертва. Симбиоз. Обобщенные модели взаимодействия видов. Трофическая функция. Модель Колмогорова. Модель взаимодействия двух видов насекомых Мак Артура. Модели взаимодействия типа хищник-жертва, учитывающие эффект насыщения хищника и самоограничение популяций. Параметрический и фазовые портреты системы Базыкина.			
Тема 8. Фрактальные зависимости	20		
Примеры фрактальных множеств. Фракталы и фрактальная размерность. Кривая Коха. Треугольник и салфетка Серпинского. Канторово множество. Трофические системы с фиксированным количеством вещества. Модель			

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное	заочное обучение
системы четырех биологических видов.			
Текущий контроль 4: устный опрос	2		
Учебный модуль 5. Математическая экология			
Тема 9. Общесистемный подход к моделированию экологических систем.	12		
Классы задач и математический аппарат.			
Тема 10. Модели в экологии	14		
Модели водных экосистем. Модели продукционного процесса растений. Модели лесных сообществ. Оценка загрязнения атмосферы и поверхности земли. Глобальные модели.			
Текущий контроль 5: устный опрос	2		
Промежуточная аттестация по дисциплине – Зачет.	6		
ВСЕГО:	180		

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	8	2				
2	8	3				
3	8	3				
4	8	3				
5	8	3				
6	8	3				
7	8	3				
8	8	3				
9	8	3				
10	8	2				
ВСЕГО:		28				

3.2. Практические занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Моделирование в различных областях естествознания. Беседа.	8	2				
2	Системный подход в моделировании. Беседа.	8	3				
3	Экспоненциальный рост популяции (решение уравнений, график временной зависимости для численности) Решение задач.	8	1				
3	Логистический рост (формулировка модели, решение уравнения, график временной зависимости для численности, анализ устойчивости стационарных	8	1				

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	состояний) Решение задач.						
3	Модель популяции с наименьшей критической численностью (формулировка модели, график временной зависимости для численности, анализ устойчивости стационарных состояний) Решение задач.	8	1				
4	Дискретное логистическое уравнение (формулировка, исследование уравнения, варианты поведения во времени). Лестница Ламерея (построение временной зависимости для численности по графику зависимости, анализ устойчивости положения равновесия) Решение задач.	8	1				
4	Система линейных химических реакций (определение стационарных состояний, построение главных изоклин, фазового портрета и кинетических кривых) Решение задач.	8	1				
4	Модель Лотки (модель химической реакции) (определение стационарных состояний, построение главных изоклин, фазового портрета и кинетических кривых) Решение задач.	8	1				
5	Анализ устойчивости систем. Задачи, приводящие к хаотическим состояниям. Решение задач.	8	3				
6	Аттракторы. Построение и анализ. Решение задач.	8	3				
7	Классическая модель Вольтерра «хищник-жертва» (определение стационарных состояний, построение главных изоклин, фазового портрета и кинетических кривых) Решение задач.	8	2				
7	Модель конкуренции (с учетом внутривидовой конкуренции) (определение стационарных состояний, построение главных изоклин, фазового портрета и кинетических кривых) Решение задач.	8	1				
8	Фракталы в естествознании. Анализ и решение задач.	8	3				

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
9	Экологические проблемы, решаемые с помощью математического и компьютерного моделирования. Беседа.	8	2				
10	Модели в экологии. Решение и анализ задач	8	3				
ВСЕГО:			28				

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,4,5	Устный опрос	8	3				
2,3	Письменный опрос	8	2				

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	8	50				
Подготовка к практическим занятиям	8	68				
Подготовка к зачету	8	6				
ВСЕГО:		124				

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрены.

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Каданцев В. Н. [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Устойчивость и эволюция динамических систем. Основы синергетики. Часть 1. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79686.html>;

2. Каданцев В. Н. [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Устойчивость и эволюция динамических систем. Основы синергетики. Часть 2. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79686.html>;
3. Федосеев В. В., Гармаш А. Н., Орлова И. В., Половников В. А., Федосеева В. В. [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Экономико-математические методы и прикладные модели — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/81727.html>.

б) дополнительная учебная литература

4. Баврин И.И. Математическая обработка информации [Электронный ресурс]: учебник для студентов всех профилей направления «Педагогическое образование»/ Баврин И.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Прометей, 2016.— 262 с Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58146>
5. Джеймс Лайтхилл Математическая биогидродинамика [Электронный ресурс]/ Джеймс Лайтхилл— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2014.— 408 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28896>

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Леонова, Н.Л. Компьютерное моделирование. [Текст]: / Н.Л.Леонова; Курс лекций. - СПбГТУРП, каф. ПМИИ. - СПб, 2015,- 87с. - Режим доступа «ЭБС ВШТЭ» <http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriklimatiif/8.pdf>;

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Образовательный математический сайт "Exponenta.ru" <http://www.exponenta.ru/>.
2. Математическая биология сайт Г.Ю.Ризниченко <http://mathbio.ru/author/>.
3. Сайт «Алгоритмическая ботаника» <http://algorithmicbotany.org/>.

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

1. Microsoft Windows 8.1;
2. Microsoft Office Professional 2013;
3. PTC MathCad 15

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

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом;
2. Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет.

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Не предусмотрены

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	<p>Проработка рабочей программы, с обращением особого внимания целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>Работа с теоретическим материалом: найти ответ на вопросы в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.</p>
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение задач по алгоритму.

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Самостоятельная работа	<p>Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации; а также подготовки к зачету. Самостоятельная работа выполняется индивидуально, а также может проводиться под руководством (при участии) преподавателя.</p> <p>При подготовке к зачету необходимо проработать конспекты лекций, рекомендуемую литературу</p>

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК- 2 (3)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Излагает основные понятия и методы, применяемые в анализе биологических, экологических и химических моделей. 2. Имеет представление о биологических, химических и экологических объектах и явлениях и умеет работать с научной литературой. 3. Использует знания математических методов в процессе анализа и обработки данных, связанных с биологическими, экологическими и химическими явлениями и объектами. 4. Применяет компьютерное моделирование в решении практических задач биологии, химии и экологии. 	<p>Устное собеседование</p> <p>Практические задания</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Список вопросов к зачету (24 вопроса) 2. Практические типовые задания (15 задач)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание теоретических основ дисциплины, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; знаком с дополнительной литературой; способен проработать научно-исследовательскую литературу по темам дисциплины и грамотно изложить материал. Решает практические задачи, может объяснить взаимосвязь основных биологических, экологических и химических законов с математическими моделями и методами решения задач.
Не зачтено	Обучающийся не знает теоретических основ дисциплины, способен проработать научно-исследовательскую литературу по темам дисциплины, но не может грамотно и четко изложить материал, допускает ошибки при решении практических задач.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов к зачету, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1.	Основные понятия теории моделирования. Математические и компьютерные модели.	1
2.	Современные методы компьютерного моделирования: компонентный подход.	1
3.	Современные методы компьютерного моделирования: объектно-ориентированные технологии.	1
4.	Элементы теории математического моделирования динамических объектов. Метрические и нормированные пространства.	2
5.	Устойчивые движения динамических моделей. Основные понятия теории устойчивости по Ляпунову.	3
6.	Два базовых метода построения математических моделей. Задача идентификации.	3
7.	Применение методов оптимизации в математическом моделировании.	3
8.	Модели, описываемые одним обыкновенным дифференциальным уравнением. Понятие стационарного состояния. Устойчивость.	3
9.	Модели роста популяций. Экспоненциальный рост. Логистический рост. Модель с наименьшей критической численностью.	4
10.	Параметрическое исследование моделей. Понятие фазопараметрической диаграммы. Бифуркация. Точка бифуркации. Бифуркационное значение параметра. Понятие бифуркационной диаграммы.	5
11.	Дискретные модели популяций с перекрывающимися поколениями (дискретная логистическая модель). Исследование дискретного логистического уравнения, возможные варианты поведения решения в зависимости от коэффициента прироста.	5
12.	Модели, описываемые системами двух линейных автономных дифференциальных уравнений. Фазовая плоскость. Фазовая траектория. Векторное поле. Характеристическое уравнение. Собственные числа и собственные вектора. Типы особых точек и общий вид фазовых портретов. Бифуркационная диаграмма для системы двух линейных автономных дифференциальных уравнений.	5
13.	Построение фазовых портретов. Метод изоклин. Построение сепаратрис седла (нахождение собственных векторов). Определение направления движения изображающей точки по фазовой траектории. Построение кинетических кривых по фазовому портрету и наоборот. Пример: система линейных уравнений для химических реакций.	6
14.	Исследование поведения нелинейных систем второго порядка вблизи стационарных состояний. Линеаризация в окрестности стационарного состояния. Примеры: Системы уравнений Лотки (химическая реакция) и Вольтерры (хищник-жертва).	6
15.	Мультистационарные системы. Триггер. Силовое и параметрическое переключение триггера. Примеры: генетический триггер Жакоба и Моно; модель конкуренции двух видов (с учетом внутривидовой конкуренции).	7
16.	Иерархия времен. Принцип «узкого места». Теорема Тихонова. Пример: ферментативная реакция Михаэлиса-Ментен.	7
17.	Фракталы в природе.	8
18.	Построение фракталов	8
19.	Модели экологических сообществ.	9
20.	Принципы лимитирования в экологии.	9
21.	Закон толерантности и функции отклика.	9
22.	Модели водных экосистем.	10
23.	Модели продукционного процесса растений.	10
24.	Модели лесных сообществ.	10

10.2.2 Перечень типовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	Имеет ли двумерная система $x_{n+1} = Ax_n$ ненулевые неподвижные точки или циклы, если $A = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 3 & -2 \end{pmatrix}$	Т.к. есть собственное значение 1, то система имеет континуум неподвижных точек и цикл с периодом равным 1
2	Исследовать на устойчивость тривиальное решение дифференциального уравнения вида $2 \frac{d^3 x}{dt^3} + k \frac{dx}{dt} = 0; \quad k = const$	<p>Характеристическое уравнение уравнения имеет вид</p> $2\lambda^3 + k\lambda = 0$ <p>Отсюда, $\lambda_1=0$. Если $k<0$, то $\lambda_2 = \sqrt{-k/2}$; $\lambda_3 = -\sqrt{-k/2}$ и общее решение уравнения имеет вид</p> $x(t) = C_1 + C_2 e^{\sqrt{-k/2}t} + C_3 e^{-\sqrt{-k/2}t}; \quad C_1, C_2, C_3 = const$ <p>Второе слагаемое неограниченно возрастает при $t \rightarrow \infty$, следовательно, нулевое равновесие уравнения в этом случае неустойчиво по Ляпунову (экспоненциально неустойчиво).</p> <p>В случае $k=0$, рассуждая аналогично получим, что нулевое равновесие неустойчиво по Ляпунову, а в случае $k<0$ - устойчиво по Ляпунову, но асимптотически устойчивым не является.</p>
2	Найдите неподвижные точки и их бифуркации для отображения. Постройте соответствующую бифуркационную диаграмму.	

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная*

10.3.3. Особенности проведения зачета:

- Возможность пользоваться справочным материалом.
- Время на подготовку ответа по билету 15 минут.
- Зачет проводится в компьютерном классе с выходом в Интернет.