

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

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качество образования – первый
проректор

_____ Хагуров Т.А.

подпись
«29» мая 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.04.02 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОЛОГИИ
И МЕДИЦИНЕ**

Специальность 01.05.01 Фундаментальная математика и механика

Направленность (профиль) Фундаментальная математика и ее приложения,

Форма обучения Очная

Квалификация Математик. Механик. Преподаватель

Рабочая программа дисциплины «Математические модели в биологии и медицине» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 01.05.01 «Фундаментальные математика и механика».

Программу составили:

Барсукова В. Ю. канд. физ.-мат. наук, доцент

Рабочая программа дисциплины «Математические модели в биологии и медицине» утверждена на заседании кафедры (разработчика) функционального анализа и алгебры протокол № 9 от 10 апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой (разработчика) Барсукова В.Ю.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) функционального анализа и алгебры протокол № 9 от 10 апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей) Барсукова В.Ю.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук протокол № 2 от 30 апреля 2020 г.

Председатель УМК факультета Шмалько С.П.

Эксперты:

Чубырь Н.О., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики КубГТУ

Засядко О.В., кандидат педагогических наук, доцент кафедры информационных образовательных технологий КубГУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целью курса «Математические модели в биологии и медицине» является подготовка студентов в области исследования сложных биологических систем и процессов разного уровня организации на основе методов математического моделирования; ознакомление студентов с основными методами исследования математических моделей, описываемых разностными, дифференциальными и интегральными уравнениями.

1.2 Задачи дисциплины

– изучить способы математической формализации типовых биологических систем;
– рассмотреть различных и наиболее часто используемые приемы моделирования сложных биологических систем и методы анализа моделей;
– ознакомиться с классическими моделями в биологии и продемонстрировать значение математического и компьютерного моделирования для понимания природы биологических систем и функционирования биологических систем.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математические модели в естествознании» включена в Часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору.

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками по программе дисциплин «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ».

Требования к уровню освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у обучающихся профессиональных компетенций ПК-2

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-2	Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках	основные задачи и области применения методов математического моделирования в рамках специальностей	ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования	методами исследования математических моделей биологических систем

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед.(108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр (часы)
		8
Контактная работа, в том числе:		
Аудиторные занятия (всего):	66	66
Занятия лекционного типа	32	32
Лабораторные занятия	34	34

Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-
Иная контактная работа:		
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		
Проработка учебного (теоретического) материала	16	16
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	14	14
Реферат	-	-
Подготовка к текущему контролю	7,8	7,8
Контроль:		
Подготовка к экзамену	-	-
Общая трудоемкость	108	108
час.	108	108
в том числе контактная работа	70,2	70,2
зач. ед	3	3

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в **девятом** семестре

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Все-го	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Математические модели динамики популяций	48	14	-	16	18
2.	Математические модели иммунологии	55,8	18	-	18	19,8
	<i>Итого по дисциплине:</i>		32	-	34	37,8

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Математические модели динамики популяций	Введение. Математические модели биологических популяций. Модель Мальтуса. Модель Ферхюльста-Перла. Модель Вольтера. Классификация типов взаимодействий Конкуренция. Хищник-жертва. Обобщенные модели взаимодействия видов. Модель Колмогорова.	Устный опрос, реферат
2	Математические модели в иммуно-	Математические модели в теории эпидемий. Иммунологические основы работы	Устный опрос

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
	логии.	иммунной системы. Построение базовой математической модели инфекционного заболевания, описываемой системой дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом (модель Г.И. Марчука). Построение математической модели гуморального иммунного ответа, описываемой системой интегродифференциальных уравнений. Исследование построенной математической модели гуморального иммунного ответа: существование, единственность и неотрицательность решения; стационарные решения; устойчивость состояния здорового организма и устойчивость хронического процесса с малым поражением органа.	

2.3.2 Занятия семинарского типа не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия.

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Математические модели динамики популяций	Математические модели биологических популяций. Математические модели, описываемые линейными разностными уравнениями первого и второго порядка, системами разностных уравнений первого порядка. Математические модели, описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка. Математические модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений. Исследование устойчивости стационарных состояний нелинейных систем второго порядка. Исследование модели Вольтерра (модели хищник-жертва).	расчетное задание устный опрос
2	Математические модели в иммунологии.	Математические модели в теории эпидемий (модели Бэйли, модели эпидемий с переносчиками). Построение базовой математической модели инфекционного заболевания (модели Г.И. Марчука). Исследование модели: существование, единственность и неотрицательность решения; стационарные решения; устойчивость состояния здорового организма и устойчивость хронического процесса с	Проверка домашнего задания, контрольная работа

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
		малым поражением органа.	

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов) курсовые работы не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	<i>«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой функционального анализа и алгебры , протокол № 9 от 10 апреля 2020 г.</i>
2	Выполнение домашних заданий (решение задач)	<i>«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой функционального анализа и алгебры , протокол № 9 от 10 апреля 2020 г.</i>
3	Подготовка к текущему контролю (контрольная работа и др.)	<i>«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой функционального анализа и алгебры , протокол № 9 от 10 апреля 2020 г.</i>
4	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	<i>«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой функционального анализа и алгебры , протокол № 9 от 10 апреля 2020 г.</i>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3 Образовательные технологии

При изучении данного курса используются как традиционные лекции и лабораторные занятия, так и современные интерактивные образовательные технологии. Цель лабораторных занятий – научить студента применять полученные на лекциях теоретические знания к решению и исследованию конкретных задач.

К образовательным технологиям также относятся интерактивные методы обучения. Интерактивность подачи материала по дисциплине «Математические модели в биологии и медицине» предполагает не только взаимодействия вида «преподаватель - студент» и «студент - преподаватель», но и «студент - студент». Все эти виды взаимодействия хорошо достигаются при изложении материала, в ходе дискуссий. Также используются занятия-визуализации.

Дискуссия

Возможность дискуссии предполагает умение высказать собственную идею, предложить свой путь решения, аргументировано отстаивать свою точку зрения, связно излагать мысли. Полезны следующие задания: составление плана решения задачи, поиск другого способа решения, сравнение различных способов решения, проведение выкладок для решения задачи и выкладок для проверки правильности полученного решения, рассмотрение задач с лишними и недостающими данными. Студентам предлагается проанализировать варианты решения, высказать своё мнение. Основной объём использования интерактивных методов обучения реализуется именно в ходе дискуссий, как на лекционных, так и на лабораторных занятиях.

Общие вопросы, которые выносятся на дискуссию:

1. Описание модели.
2. Исследование модели или поиск различных способов решений задачи.
3. Выбор среди рассматриваемых способов наиболее рационального.

Занятие-визуализация.

В данном типе передача преподавателем информации студентам сопровождается показом различных рисунков, структурно-логических схем, опорных конспектов, диаграмм и т. п. (например, с помощью слайдов).

Всего учебным планом предусмотрено 14 часов в интерактивной форме

Се- мест р	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количе- ство ча- сов
9	Лабораторные занятия	Занятие-визуализация: «Дискретные модели динамики популяций»	6
		Дискуссия «Система хищник-жертва»	2
		Занятие-визуализация: «Простейшие модели иммунологии»	4
		Дискуссия «Модель инфекционного заболевания»	2
<i>Итого:</i>			14

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций со студентом при помощи электронной информационно-образовательной среды ВУЗа.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций.

Оценочными средствами дисциплины являются средства текущего контроля (ответ у доски и проверка домашних заданий) и итоговая аттестация (зачет).

Оценка успеваемости осуществляется по результатам устного опроса, ответа на зачете, в ходе которого выявляются уровень знаний и понимания теоретического материала.

Важным элементом образовательной технологии является самостоятельная работа студента, включающая выполнение индивидуальных заданий.

Вопросы устного опроса

1. Какая модель отражает зависимый от плотности рост численности популяции?
2. Математический смысл критерия устойчивости системы по Ляпунову?
3. Динамическая система- это: а) математическая модель, построенная по определенным правилам; б) система, которая может двигаться; в) система, в которой, в отличие от кинематической, учитываются силы; г) совокупность объектов, которые видоизменяются с течением времени

Контрольные вопросы для текущего контроля

1. Дайте определение модели. Как аналогия используется в моделировании?
2. Какова познавательная роль моделей?
3. Какие типы моделирования существуют? Чем они различаются?
4. Что такое модельный эксперимент?
5. Как соотносятся компьютерный эксперимент и имитационное моделирование?
6. В чем заключаются особенности моделирования в биологии?
7. Какие направления математики используются для моделирования биологических систем?
8. В чем проявляется особенность биологического приложения методов дискретной и непрерывной математики?
9. Что такое динамическая система? Виды математического описания динамических систем
10. Чем отличаются динамические системы с дискретным временем и непрерывным временем?
11. Что такое структура? Приведите примеры структурообразования в биологических системах.
12. Какие информационные технологии применяются для моделирования в биологии?
13. Качественные отличия решений модели Ферхюльста в непрерывной и дискретной форме
14. . Что такое устойчивое и неустойчивое равновесие?
15. Что такое точки бифуркации системы?
16. Каковы основные понятия ферментативной кинетики?
17. Как формулируется простейшая модель Вольтерра-Лотки?
18. . Что такое модель «хищник– жертва»?
19. Приведите примеры автоколебаний в биологических системах.
20. Что такое предельный цикл?
21. Каковы условия существования предельного цикла в Системе?
22. Перечислите недостатки классической модели Лотки – Вольтера для описания взаимодействия хищник – жертва.
23. Укажите пути построения более реалистических моделей взаимодействия

Темы для написания реферата

1. Вклад отечественных и зарубежных ученых в становление и развитие математической биологии.
2. Моделирование как метод исследования биологических систем.
3. Основные этапы моделирования

4. Автоколебательные процессы в биологических системах
3. Конструирование модели «хищник-жертва», имеющей предельный цикл.
5. Способы обобщения и упрощения моделей.
6. Методы проверки модели

Рекомендации по подготовке реферата

Задача реферата – закрепить знания, полученные при изучении теоретического курса, и получить навыки самостоятельного изучения источников литературы. Реферат выполняется по предложенным в рабочей программе темам, объемом 20 - 25 страниц компьютерного набора, представляемых на бумаге формата А4. Реферат представляется на электронном и бумажном носителе и должен содержать следующие разделы: титульный лист, содержание, введение, основная часть, заключение, список использованной литературы. При подготовке реферата студенты используют учебную и специальную литературу, журнальные статьи, справочники. При защите реферата необходимо показать знание литературы по изучаемой проблеме, актуальность, указать основные разделы научного реферата и сущность излагаемых положений, сделать вывод, с обозначением практической и научной значимости темы исследования. Своевременное и качественное выполнение реферата возможно лишь при планомерной самостоятельной работе и посещении консультаций, расписание которых согласовывается со студентами. Изложенное понимание реферата как целостного авторского текста определяет критерии его оценки: новизна текста; обоснованность выбора источника; степень раскрытия сущности вопроса; соблюдения требований к оформлению.

Пример расчетного задания

Задание 1 Пользуясь MathCAD, постройте графики решения и фазовые портреты динамической системы, моделирующей взаимодействие популяций при заданных значениях параметров a, b, c, d . Исследуйте поведение решения, изменяя параметры.

$$\begin{cases} x'(t) = (a - by)x \\ y'(t) = (-c + dx)y \end{cases}$$

Задание 2. Исследовать поведение системы $\begin{cases} x'(t) = (a - by)x - \alpha x^2 \\ y'(t) = (-c + dx)y - \alpha y^2 \end{cases}$, моделирующей

взаимодействие популяций. Выполнить вычисления для заданных параметров a, b, c, d и различных α .

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Перечень вопросов, выносимых на зачет.

1. Дискретное моделирование биологических систем: разностные модели.
2. Дискретное моделирование биологических систем: матричные модели.
3. Качественное исследование систем двух дифференциальных уравнений: метод фазовых портретов, особая точка, векторное поле направлений траектории системы.
4. Качественное исследование систем двух дифференциальных уравнений: метод изоклин. Главные изоклины. Определение угла пересечения координатных осей фазовыми траекториями.
5. Устойчивость стационарного состояния систем двух дифференциальных уравнений. Характеристическое уравнение, его вывод.
6. Виды устойчивости стационарного состояния в зависимости от корней характеристического уравнения.
7. Бифуркационная диаграмма.
8. Исследование модели линейных химических реакций.

9. Модели взаимодействия двух видов Вольтера. Основные положения, лежащие в основе моделей. Общий вид системы уравнений.
10. Модель «хищник-жертва», ее вид и качественное исследование. Недостатки модели
11. Иммунологические основы работы иммунной системы. Построение базовой математической модели инфекционного заболевания (модель Г.И. Марчука).
12. Построение математической модели гуморального иммунного ответа, описываемой системой интегро-дифференциальных уравнений.
13. Исследование математической модели гуморального иммунного ответа. Существование и единственность решения задачи, описывающей математическую модель.
14. Исследование математической модели гуморального иммунного ответа. Неотрицательность решения задачи, описывающей математическую модель.
15. Исследование математической модели гуморального иммунного ответа. Стационарные решения.
16. Исследование математической модели гуморального иммунного ответа. Устойчивость состояния здорового организма.
17. Исследование математической модели гуморального иммунного ответа. Устойчивость хронического процесса с малым поражением органа.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Критерии оценивания по промежуточной аттестации

Зачет выставляется по результатам работы студента в течение семестра. Отметка «зачтено» выставляется студентам, которые регулярно посещали занятия, выполняли необходимые задания в срок. Отметка «не зачтено» выставляется студентам, которые про-

пустили более 60 % занятий, не предоставили реферат, не могут ответить на вопросы к зачету.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Романюха, А.А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний / А.А. Романюха. - Москва : Издательство БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 293 с. - ISBN 978-5-94774-900-7 ; То же [Электронный ресурс]. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468724>
2. Юдович, В.И. Математические модели естественных наук [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 336 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/689>.
3. Горлач, Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 292 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74673>.

5.2 Дополнительная литература:

1. Математические методы в биологии / сост. И.В. Иванов. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - 196 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232506>
2. Братусь, А.С. Динамические системы и модели биологии / А.С. Братусь, А.С. Новожилов, А.П. Платонов. - Москва : Физматлит, 2009. - 400 с. - ISBN 978-5-9221-1192-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67304>

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. <http://mathmod.aspu.ru> - Сайт совместной лаборатории Института математических проблем биологии Российской академии наук и Астраханского государственного университета
2. <http://dmb.biophys.msu.ru> - Информационная система «Динамические модели в биологии», рассчитанная на широкий круг пользователей, включает в себя гипертекстовые документы и реляционные базы данных и обеспечивает унифицированный доступ к разнообразной информации по данной предметной области.
3. Сайт, посвящённый математическому моделированию в биологии <http://mathbio.ru/>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Тематическое планирование самостоятельной работы студентов

Раздел	Тема	Содержание вопросов темы	Вид работы
1	Математические модели динамики популяций	Математические модели, описываемые линейными разностными уравнениями первого и второго порядка, системами разностных уравнений первого порядка. Исследование модели Вольтерра (модели хищник-жертва). Математические модели в теории эпидемий (модели Бэйли, модели эпидемий с переносчиками).	Поиск необходимой информации (см. список литературы). Решение задач.
2	Математические модели в имму-	Иммунологические основы работы иммунной системы. Построение ба-	Поиск необходимой информации. Изуче-

	нологии.	звой математической модели инфекционного заболевания.	ние лекционного материала. Конспектирование.
--	----------	---	--

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

Microsoft office

MathCAD

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

Не требуется.

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук, ...) и соответствующим программным обеспечением (ПО)
2.	Лабораторные занятия	Специальное помещение, оснащенное доской, маркерами и мелом
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория (кабинет) оснащенная учебной мебелью, доской, маркерами и мелом
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория (кабинет) оснащенная учебной мебелью, доской, маркерами и мелом
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.