

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
цифровых технологий



С.Д.Кургалин
30.06.2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.18.03 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

02.03.01 Математика и компьютерные науки

2. Профиль подготовки/специализация: для всех профилей

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: цифровых технологий

6. Составители программы: Атанов Артём Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: Научно-методическим советом факультета компьютерных наук (протокол № 6 от 25.06.2018)

8. Учебный год: 2021-2022

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины: формирование знаний в области математического моделирования различных сложных механических, физических, биологических и других систем; овладение современными технологиями составления, решения и анализа математических моделей; овладение навыками декомпозиции, абстрагирования при решении практических задач в различных областях профессиональной деятельности..

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к базовой части блока Б1. Для успешного освоения дисциплины требуется предварительное изучение математического анализа, дифференциальных уравнений, технологий программирования.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-2	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	<p>знать: основные методы построения математических моделей, их решения и анализа полученных результатов;</p> <p>уметь: реализовывать методы математического моделирования, применять математический аппарат и численные методы для численного анализа и программной реализации математических моделей на ЭВМ, оценивать реалистичность и область применимости модели;</p> <p>владеть: навыками декомпозиции, абстрагирования при решении прикладных задач в различных областях профессиональной деятельности.</p>
ОПК-4	Способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем.	<p>знать: алгоритмы, используемые при составлении математических моделей прикладных задач;</p> <p>уметь: реализовывать на ЭВМ алгоритмы, используемые при составлении математических моделей;</p> <p>владеть: навыками разработки прикладных программ с применением теории математического моделирования.</p>
ПК-5	Способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач.	<p>знать: методы математического и алгоритмического моделирования;</p> <p>уметь: выбирать и адаптировать существующие математические методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности;</p> <p>владеть: навыками квалифицированного выбора и адаптации существующих методов математического моделирования.</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144.

Форма промежуточной аттестации: 7 семестр – зачёт с оценкой.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		7 сем.
Аудиторные занятия	50	50
в том числе:		
лекции	34	34
практические		
лабораторные	16	16
Самостоятельная работа	58	58
Экзамен	36	36
Итого:	144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Технологии моделирования. Теория математических моделей	Понятие математической модели. Типы математических моделей. Методы построения модели. Упрощения и уточнения. Методы исследования моделей. Методы самоконтроля.
1.2	Дифференциальные модели	Качественная теория динамических систем. Динамика биологических популяций. Колебательные процессы в химии. Предельные циклы и автоколебания. Самоорганизация и образование структур. Фракталы. Хаотическое поведение динамических систем.
1.3	Стохастические и детерминистические модели	Теория перколяции. Моделирование роста дендритов. Клеточные автоматы. Модель Изинга. Генетические алгоритмы. Модель Солоу. Модель Леонтьева.
2. Лабораторные занятия		
2.1	Технологии моделирования. Теория математических моделей	Понятие математической модели. Типы математических моделей. Методы построения модели. Упрощения и уточнения. Методы исследования моделей. Методы самоконтроля.
2.2	Дифференциальные модели	Качественная теория динамических систем. Динамика биологических популяций. Колебательные процессы в химии. Предельные циклы и автоколебания. Самоорганизация и образование структур. Фракталы. Хаотическое поведение динамических систем.
2.3	Стохастические и детерминистические модели	Теория перколяции. Моделирование роста дендритов. Клеточные автоматы. Модель Изинга. Генетические алгоритмы. Модель Солоу. Модель Леонтьева.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Технологии моделирования. Теория математических моделей	4		0	10	14
2	Дифференциальные модели	16		10	28	54
3	Стохастические и детерминистические модели	14		6	20	40
	Итого:	34		16	58	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

- рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- методические указания и пособия;
- контрольные задания для закрепления теоретического материала;
- электронные версии учебников и методических указаний для выполнения практических работ.

Форма организации самостоятельной работы: подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий; выполнение контрольных работ.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Данилов, Н. Н. Математическое моделирование : учебное пособие / Н. Н. Данилов. — Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. — 98 с. — <URL: http://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book_red&id=278827&sr=1 >.
2	Золотарев, А. А. Инструментальные средства математического моделирования / А. А. Золотарев ; Бычков А. А. ; Золотарева Л. И. и др. — Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2011. — 90 с. — <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241127 >.
3	Рубчинский, А. А. Дискретные математические модели. Начальные понятия и стандартные задачи / А. А. Рубчинский. — Москва : Директ-Медиа, 2014. — 269 с. — <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240557 >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 511200 - "Математика. Прикладная математика" / В.Н. Ашихмин [и др.] ; под ред. П.В. Трусова. — М. : Логос, 2007. — 439 с.
5	Дьяконов, В.П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В.П. Дьяконов. — Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. — 384 с. — (Полное руководство пользователя). — ISBN 5-98003-130-8. — <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117681 >.
6	Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - 2-е изд. - М. : Физматлит, 2005. – 320 с.
7	Бордовский Г.А. Физические основы математического моделирования : учебное пособие для студ. физ.-мат. специальностей вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Д. Р. Чоудери. — М. : Academia, 2005. — 315 с.
8	Голоскоков Д.П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple / Д.П.

	Голоскоков. – СПб. : Питер, 2004.- 544 с.
9	Ахтямов А.М. Математика для социологов и экономистов : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по социал.-экон. направлениям и специальностям / А. М. Ахтямов. - М. : Физматлит, 2006 . – 464 с.
10	Дьяконов В. П. Maple 9 в математике, физике и образовании / В.П. Дьяконов. – М. : Солон-Пресс, 2004. - 688 с.
11	Мажукин В. И. Математическое моделирование в экономике: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 521500 Менеджмент / В.И. Мажукин, О.Н. Королева.- М. : Флинта: Моск. гуманитар. ун-т, 2004. – 453 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
12	www.lib.vsu.ru –ЗНБ ВГУ

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Дьяконов, В.П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В.П. Дьяконов. — Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. — 384 с. — (Полное руководство пользователя). — ISBN 5-98003-130-8. — <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117681 >.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости) — программное обеспечение компьютерных классов (программы Maple, Matlab).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: лекционная аудитория, компьютерный класс с необходимым программным обеспечением.

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК-2	Знать: основные методы построения математических моделей, их решения и анализа полученных результатов.	Разделы 1-3	КИМ
	Уметь: реализовывать методы математического моделирования, применять математический аппарат и численные методы для численного анализа и программной реализации математических моделей на ЭВМ, оценивать реалистичность и область применимости модели.	Разделы 1-3	Лабораторные работы 1-6
	Владеть: навыками декомпозиции, абстрагирования при решении прикладных задач в различных областях профессиональной деятельности.	Разделы 1-3	Лабораторные работы 1-6

ОПК-4	Знать: алгоритмы, используемые при составлении математических моделей прикладных задач.	Разделы 1-3	КИМ
	Уметь: реализовывать на ЭВМ алгоритмы, используемые при составлении математических моделей.	Разделы 1-3	Лабораторные работы 1-6
	Владеть: навыками разработки прикладных программ с применением теории математического моделирования.	Разделы 1-3	Лабораторные работы 1-6
ПК-5	Знать: методы математического и алгоритмического моделирования.	Разделы 1-3	КИМ
	Уметь: выбирать и адаптировать существующие математические методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности.	Разделы 1-3	Лабораторные работы 1-6
	Владеть: навыками квалифицированного выбора и адаптации существующих методов математического моделирования.	Разделы 1-3	Лабораторные работы 1-6
Промежуточная аттестация			КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание основных методов построения математических моделей, их решения и анализа полученных результатов;
- 2) знание алгоритмов, используемых при составлении математических моделей прикладных задач;
- 3) знание методов математического и алгоритмического моделирования;
- 4) умение реализовывать методы математического моделирования, применять математический аппарат и численные методы для численного анализа и программной реализации математических моделей на ЭВМ, оценивать реалистичность и область применимости модели;
- 5) умение реализовывать на ЭВМ алгоритмы, используемые при составлении математических моделей;
- 6) умение выбирать и адаптировать существующие математические методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности;
- 7) владение навыками декомпозиции, абстрагирования при решении прикладных задач в различных областях профессиональной деятельности;
- 8) владение навыками разработки прикладных программ с применением теории математического моделирования;
- 9) владение навыками квалифицированного выбора и адаптации существующих методов математического моделирования.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Обучающийся демонстрирует высокий уровень владения материалом, ориентируется в предметной области, верно отвечает на все дополнительные вопросы.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному или двум из перечисленных показателей, но обучающийся	Базовый уровень	Хорошо

дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Допускаются ошибки при воспроизведении части теоретических положений.		
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трём из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Сформированные знания основных понятий, определений и теорем, изучаемых в курсе, не всегда полное их понимание с затруднениями при воспроизведении.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым четырём из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные знания (либо их отсутствие) основных понятий, определений и теорем, используемых в курсе.	–	Неудовлетворительно

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов для экзамена

1. Понятие математической модели. Требования к моделям.
2. Модель Мальтуса. Логистическое уравнение.
3. Типы математических моделей. Структурные и функциональные модели.
4. Модель Вольтерра.
5. Дискретные и непрерывные модели. Модель продольных колебаний стержня.
6. Модель межвидовой конкуренции.
7. Линейные и нелинейные модели. Линеаризация.
8. Колебательные процессы в химии.
9. Детерминированные и вероятностные модели.
10. Предельные циклы.
11. Методы построения математической модели. Определяющие соотношения.
12. Автоколебания.
13. Конечные уравнения. Разностные схемы.
14. Фракталы.
15. Задачи на экстремум.
16. Хаотическое поведение динамических систем. Дискретный аналог уравнения Ферхюльста.
17. Методы построения и исследования решений. Асимптотические разложения.
18. Основы теории перколяции.
19. Обобщенные решения.
20. Модель физического маятника.
21. Выбор степени точности решения. Выяснение точности решения.

22. Модель экономического роста Солоу-Свана.
23. Методы самоконтроля. Верификация модели.
24. Балансовая модель Леонтьева.

19.3.2 Перечень лабораторных работ

1. Модель физического маятника.
2. Продольные колебания упругого стержня.
3. Динамика биологических популяций. Модель «Хищник-жертва».
4. Модель автоколебательной системы.
5. Хаотическое поведение динамической системы.
6. Модель межотраслевого баланса Леонтьева.

Типовые задания для лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 «Модель физического маятника».

Цель работы: освоение методов построения математической модели, её решения и анализа результатов; анализ качественных особенностей поведения нелинейной динамической системы; выяснение области применимости приближенных (линейных) моделей колебаний физического маятника.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ качественной и математической модели, написание программы, реализующей численное решение математической модели, проверку её работы.

Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую решение математической модели физического маятника. Проверить работу программы путем сравнения численного решения с аналитическим в области применимости линейных моделей. Определить границы применимости линейных моделей. Исследовать фазовый портрет для модели физического маятника. Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 2 «Продольные колебания упругого стержня».

Цель работы: освоение метода осреднения при построении математической модели, выяснение критериев адекватности непрерывной и дискретной модели продольных колебаний стержня.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ качественной и математической модели, написание программы, реализующей численное решение математической модели, проверку её работы.

Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую решение дискретной и непрерывной математической модели продольных колебаний упругого стержня. Проверить работу программы путем сравнения численного решения с аналитическим для заданных начальных условий. Определить границы применимости дискретной модели. Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 3 «Динамика биологических популяций. Модель «Хищник-жертва».

Цель работы: освоение методов линеаризации и анализа математических моделей нелинейной динамики; анализ качественных особенностей поведения нелинейной динамической системы, исследование классической модели «Хищник-жертва».

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ качественных и математических моделей, описывающих динамику биологических популяций; написание программы, реализующей численное решение моделей Мальтуса, Ферхюльста, Вольтерра и их модификации.

Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую решение математической модели межвидовой конкуренции. Проверить работу программы путем сравнения численного решения с аналитическим в области применимости линейных моделей. Определить границы применимости линейных моделей. Исследовать фазовый портрет для модели «Хищник-жертва». Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 4 «Модель автоколебательной системы».

Цель работы: исследование математических моделей автоколебательных систем, изучение топологии фазового портрета автоколебательной системы.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ качественной модели автоколебаний в химических реакциях и математической модели Лефевра-Николиса; написание программы, реализующей численное решение модели.

Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую решение математической модели Лефевра-Николиса. Проверить работу программы путем сравнения численного решения с аналитическим в области применимости линейных моделей. Определить предельные циклы и точки бифуркации. Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 5 «Хаотическое поведение динамической системы».

Цель работы: исследование математической модели динамического хаоса, выявление фрактальной структуры решения динамической системы, выяснение причин появления хаотического поведения детерминированной системы.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ качественной и математической модели хаотического поведения биологической популяции; написание программы, реализующей численное решение дискретного отображения Фейгенбаума.

Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую решение математической модели динамического хаоса. Проверить работу программы на заданном примере. Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 6 «Модель межотраслевого баланса Леонтьева».

Цель работы: исследование математической модели межотраслевого баланса Леонтьева, определение продуктивности модели.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ качественной и математической балансовой модели Леонтьева; написание программы, реализующей численное решение модели.

Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую решение математической модели межотраслевого баланса и двойственной модели. Проверить работу программы на заданном примере. Исследовать продуктивность модели. Оформить отчет по лабораторной работе.

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: письменного опроса и контрольных работ. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования, а также в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе контроля знаний на факультете компьютерных наук ВГУ.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.