

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
цифровых технологий



Кургалин С. Д.

03.05.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.24.03 Математическое моделирование

- 1. Код и наименование направления подготовки:**  
02.03.01 Математика и компьютерные науки
- 2. Профиль подготовки:**  
распределенные системы и искусственный интеллект; квантовая теория информации
- 3. Квалификация выпускника:**  
бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**  
кафедра цифровых технологий
- 6. Составители программы:**  
Сирота Е.А., кандидат физико-математических наук, доцент;
- 7. Рекомендована:**  
НМС ФКН (протокол № 7 от 03.05.23)
- 8. Учебный год:** 2023-2024                      **Семестр:** 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение основ математического моделирования;
- приобретение навыков и умений построения математических моделей;

Задачи учебной дисциплины:

- обучение классическим и современным методам математических исследований, рассмотрение результатов и идей, необходимых для изучения других математических дисциплин;
- выработка навыков обращения с изучаемым математическим аппаратом;
- воспитание критического восприятия математических высказываний, повышение стандартов математической строгости и понимания практической обоснованности изучаемого материала и выбранного уровня строгости изложения;
- развитие математической интуиции, точности выполнения математических операций и совершенствование общей культуры мышления.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-4	Способен находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем.	ОПК-4.1	Знает базовые основы современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности.	Знает основные методы построения математических моделей, их решения и анализа полученных результатов.
		ОПК-4.2	Умеет использовать этот математический аппарат в профессиональной деятельности.	Знает алгоритмы, используемые при составлении математических моделей прикладных задач.
		ОПК-4.3	Имеет практический опыт применения современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности.	Умеет выбирать и адаптировать существующие математические методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности.

ОПК-5	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-5.1	Осуществляет поиск, сбор, хранение, обработку, представление информации при решении задач профессиональной деятельности.	Умеет реализовать поиск, хранение и представление информации в результате моделирования.
		ОПК-5.2	Подбирает и использует информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности.	Умеет 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.
ОПК-6	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.	ОПК-6.1	Составляет формализованные описания решений прикладных задач.	Владеет навыками разработки прикладных программ с применением теории математического моделирования.
		ОПК-6.2	Применяет алгоритмы, языки и технологии программирования для решения задач профессиональной деятельности.	Умеет применять различные алгоритмы для решения задач моделирования и проводить оценку адекватности моделей.
		ОПК-6.3	Разрабатывает, отлаживает и тестирует программы, пригодные для решения задач профессиональной деятельности.	Умеет разрабатывать программные продукты с целью реализации численного эксперимента.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			7 семестр
Аудиторные занятия		48	48
в том числе:	лекции	16	16
	практические	16	16
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		24	24
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (экзамен)		0	0
Итого:		72	72

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью

			онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные понятия и принципы математического моделирования	Понятие математической модели, этапы построения математической модели, свойства математических моделей, классификация математических моделей.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
1.2	Построение эмпирических формул	Структура математической модели, построение эмпирической формулы, определение параметров эмпирической формулы. Метод наименьших квадратов.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
1.3	Дифференциальные модели	Автономные системы дифференциальных уравнений, фазовая плоскость, классификация особых точек, механические колебания	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
1.4	Введение в анализ временных рядов	Сглаживание временных рядов с помощью скользящих средних, модели кривых роста, оценка адекватности и точности моделей, использование адаптивных методов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
1.10			
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Понятие математической модели	Примеры, их реализация, классификация моделей	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
2.2	Построение эмпирических формул. Использование техники временных рядов.	Знакомство с временными рядами, компоненты временных рядов, примеры	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
2.3	Сглаживание временных рядом	Методы простых и взвешенных скользящих средних	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
2.4	Решение задачи параметрической идентификации	Реализация метода наименьших квадратов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
2.5	Метод последовательных разностей	Реализация метода последовательных разностей для определения степени выравнивающего полинома	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
2.6	Модели кривых роста.	Построение моделей кривых роста для разных классов функций	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
2.7	Оценка качества и точности полученных моделей.	Реализация метода Дарбина-Уотсона	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>
2.8	Дифференциальные модели	Построение автономных систем дифференциальных уравнений, фазовой плоскости, классификация особых точек	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10182</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	
1	Основные понятия и принципы	4	4	4	6	18
2	Построение эмпирических формул	4	4	4	6	18
3	Дифференциальные модели	4	4	4	6	18
4	Введение в анализ временных рядов	4	4	4	6	18
	Итого:	16	16	16	24	72

#### **14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины складывается из аудиторной работы (учебной деятельности, выполняемой под руководством преподавателя) и внеаудиторной работы (учебной деятельности, реализуемой обучающимся самостоятельно).

Аудиторная работа состоит из работы на лекциях и выполнения практических заданий в объёме, предусмотренном учебным планом. Лекция представляет собой последовательное и систематическое изложение учебного материала, направленное на знакомство обучающихся с основными понятиями и теоретическими положениями изучаемой дисциплины.

Лекционные занятия формируют базу для практических занятий, на которых полученные теоретические знания применяются для решения конкретных практических задач. Обучающимся для успешного освоения дисциплины рекомендуется вести конспект лекций и практических занятий.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также конспектов лекций, конспектов практических занятий. В качестве плана для самостоятельной работы может быть использован раздел 13.1 настоящей рабочей программы, в котором зафиксированы разделы дисциплины и их содержание. В разделе 13.2 рабочей программы определяется количество часов, отводимое на самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины. Больше количество часов на самостоятельную работу отводится на наиболее трудные разделы дисциплины. Для самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины используется перечень литературы и других ресурсов, перечисленных в пунктах 15 и 16 настоящей рабочей программы. Обязательным элементом самостоятельной работы является выполнение домашнего задания.

Успешность освоения дисциплины определяется систематичностью и глубиной аудиторной и внеаудиторной работы обучающегося.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения требуется выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

В рамках дисциплины предусмотрено проведение трёх текущих аттестаций за семестр. Результаты текущей успеваемости учитываются при выставлении оценки по промежуточной аттестации в соответствии с положением П ВГУ 2.1.04.16–2019 «Положение о текущей и промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся на факультете компьютерных наук Воронежского государственного университета с использованием балльно-рейтинговой системы».

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей и в соответствии с индивидуальной программой реабилитации. Для лиц с нарушением слуха при необходимости допускается присутствие на лекциях и практических занятиях ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки на зачете может быть увеличено. Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). На лекциях и практических занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам. При необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено. Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости допускается присутствие ассистента на лекциях и практических занятиях.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Семенов, А. Г. Математическое и компьютерное моделирование : практикум / А.Г. Семенов, И.А. Печерских .— Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2019 .— 237 с. : ил., табл. — Библиогр. в кн .— <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .— ISBN 978-5-8353-2427-9 .— URL< <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574121">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574121</a> >
2	Родионов, Ю. В. Основы математического моделирования: учебное электронное издание : учебное пособие / Ю.В. Родионов, А.Д. Нахман ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Тамбовский государственный технический университет .— Тамбов : ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2018 .— 111 с. : табл., граф. — Библиогр. в кн .— <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .— ISBN 978-5-8265-1886-1 .— URL< <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=570456">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=570456</a> >

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Юдович, В. И. Математические модели естественных наук [Электронный ресурс] / Юдович В. И. — 1-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2011 .— 336 с. — Книга из коллекции Лань - Математика .— ISBN 978-5-8114-1118-4 .—URL< <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=689">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=689</a> >

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
1	ЗНБ ВГУ: <a href="https://lib.vsu.ru/">https://lib.vsu.ru/</a>
2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online": <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система "Лань": <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
4	Электронно-библиотечная система "Консультант студента": <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
5	Электронный университет ВГУ: <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Семенов, А. Г. Математическое и компьютерное моделирование : практикум / А.Г. Семенов, И.А. Печерских .— Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2019 .— 237 с. : ил., табл. — Библиогр. в кн .— <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .— ISBN 978-5-8353-2427-9 .— URL< <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574121">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=574121</a> >

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение)

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru), а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория для лекционных занятий: мультимедиа-проектор, экран для проектора, компьютер с выходом в сеть «Интернет». Специализированная мебель (столы

ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

Аудитория для практических занятий: специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска).

Аудитория для лабораторных занятий: компьютеры с выходом в сеть «Интернет» и доступом к электронным библиотечным системам, специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

---

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Разделы 1-4	ОПК-4	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	Лабораторная работа 1-6, письменный опрос
2	Разделы 1-4	ОПК - 5	ОПК – 5.1, ОПК -5.2	Лабораторная работа 1-6, письменный опрос
3	Разделы 1-4	ОПК - 6	ОПК – 6.1, ОПК – 6.2, ОПК-6.3	Лабораторная работа 1-6, письменный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Список вопросов к зачету, практическое задание

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: лабораторная работа, письменный опрос.

Перечень лабораторных работ:

1. Сглаживание временных рядов.
2. Решение задачи параметрической идентификации.
3. Модель физического маятника.
4. Продольные колебания упругого стержня.
5. Динамика биологических популяций. Модель «Хищник-жертва».
6. Модель автоколебательной системы.

## Лабораторная работа № 1 «Сглаживание временных рядов»

**Цель работы:** анализ и исследование простейших методов фильтрации временного ряда, метода простых скользящих средних и взвешенных скользящих средних.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы предусматривает анализ методов простой скользящей средней и взвешенной скользящей средней на примере одномерного временного ряда.

**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 сглаживание временного ряда с помощью простой скользящей средней и взвешенной скользящей средней. Проверить работу программы на заданном примере. Оформить отчет по лабораторной работе.

## Лабораторная работа № 2 «Решение задачи параметрической идентификации»

**Цель работы:** решение задачи параметрической идентификации для заданной полиномиальной модели. Реализация метода наименьших квадратов с целью вычисления неизвестных параметров модели.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы предусматривает анализ задачи параметрической идентификации, реализацию метода наименьших квадратов в случае полиномиальной 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 задачи параметрической идентификации. Проверить работу программы на заданном примере. Оформить отчет по лабораторной работе.

## Лабораторная работа № 3 «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 № 4 «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 № 5 «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 № 6 «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.

**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.

**Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине**

Задания с выбором ответа

№	Задание	Варианты ответа	Верный ответ
1	Дайте определение математической модели	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приближённое описание какого-либо объекта, процесса или явления, выраженное с помощью математических правил и математической символики.</li> <li>2. Способ исследования различных процессов.</li> <li>3. Точное описание какого-либо объекта, процесса или явления, выраженное с помощью математических правил и математической символики.</li> </ol>	приближённое описание какого-либо объекта, процесса или явления, выраженное с помощью математических правил и математической символики.
2	Математическое моделирование – это	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способ исследования различных процессов, основанный на применении математических моделей.</li> <li>2. Наука о методах исследования различных математических моделей</li> <li>3. Способ исследования различных процессов, основанный на применении дифференциальных уравнений.</li> </ol>	Способ исследования различных процессов, основанный на применении математических моделей.
3	Адекватность математической модели – это	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. соответствие изучаемому объекту относительно выбранной системы его свойств</li> <li>2. возможность с помощью математических методов получить интересующие исследователя утверждения.</li> <li>3. соответствие изучаемому объекту относительно выбранной системы координат</li> </ol>	соответствие изучаемому объекту относительно выбранной системы его свойств
4	Временным рядом называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. последовательность значений показателя (признака), упорядоченная в хронологическом порядке, т.е. в порядке возрастания временного параметра.</li> <li>2. последовательность значений показателя (признака), упорядоченная в хронологическом порядке, т.е. в порядке убывания временного параметра</li> <li>3. множество значений показателя (признака), упорядоченная в хронологическом порядке</li> </ol>	последовательность значений показателя (признака), упорядоченная в хронологическом порядке, т.е. в порядке возрастания временного параметра.
5	Уровнем временного ряда называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отдельные наблюдения временного ряда.</li> <li>2. Среднее арифметическое всех значений временного ряда.</li> <li>3. Первое наблюдение временного ряда.</li> </ol>	Отдельные наблюдения временного ряда.
6	Значения уровней временного ряда могут содержать следующие компоненты	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. тренд; сезонную компоненту; циклическую компоненту; случайную составляющую.</li> <li>2. тренд; сезонную компоненту; тренд, случайную составляющую</li> </ol>	тренд; сезонную компоненту; циклическую компоненту; случайную составляющую.

7	Под трендом понимают	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменение, определяющее общее направление развития, основную тенденцию временного ряда. Это систематическая составляющая долговременного действия.</li> <li>2. Случайную составляющую временного ряда</li> <li>3. Систематическая составляющая кратковременного действия.</li> </ol>	изменение, определяющее общее направление развития, основную тенденцию временного ряда. Это систематическая составляющая долговременного действия.
8	Аналитический подход	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. основан на допущении, что исследователь может задать общий вид функции, описывающей регулярную, неслучайную составляющую.</li> <li>2. Предоставляют исследователю алгоритм расчета неслучайной составляющей в любой заданный момент времени</li> <li>3. основан на допущении, что исследователь может задать показательный вид функции, описывающей регулярную, неслучайную составляющую</li> </ol>	основан на допущении, что исследователь может задать общий вид функции, описывающей регулярную, неслучайную составляющую.
9	Назовите метод, с помощью которого можно определить наличие-отсутствие тренда во временном ряду	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод Фостера-Стюарта.</li> <li>2. Метод Дарбина-Уотсона</li> <li>3. Такого метода не существует</li> </ol>	Метод Фостера-Стюарта.
10	Под прогнозом понимают	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. научно обоснованное описание возможных состояний объекта в будущем, а также альтернативным способом достижения этого состояния.</li> <li>2. научно обоснованное описание возможных состояний объекта в настоящем и будущем, а также альтернативным способом достижения этого состояния</li> <li>3. способы достижения возможным состояний объекта в будущем</li> </ol>	научно обоснованное описание возможных состояний объекта в будущем, а также альтернативным способом достижения этого состояния.

### Задания с кратким ответом

№	Задание	Верный ответ
1	Верно ли утверждение: скользящие средние позволяют сгладить как случайные, так и периодические колебания, выявить имеющуюся тенденцию в развитии процесса, и поэтому служат важным инструментом при фильтрации компонент временного ряда	да
2	Верно ли утверждение: правильно выбранная модель кривой роста должна соответствовать характеру изменения тенденции исследуемого явления. Кривая роста позволяет получить выровненные или теоретические значения уровней динамического ряда. Это те уровни, которые наблюдались бы в случае полного совпадения динамики явления с кривой.	да
3	Верно ли утверждение: метод наименьших квадратов позволяет решить задачу параметрической идентификации данных	да
4	Верно ли утверждение: адаптивные методы – это методы, которые позволяют строить самокорректирующиеся (самонастраивающиеся) модели, способные оперативно реагировать на быстро изменяющиеся условия путем учета прогноза, сделанного на предыдущем шаге, и учета различной информационной ценности уровня ряда	да
5	Верно ли утверждение: критерий Дарбина – Уотсона позволяет выявить тренд во временном ряду.	нет

### Задания с развёрнутым ответом

**Задание 1.** Процедура разработки прогноза с использованием кривых роста включает в себя следующие этапы:

Решение.

1) выбор одной или нескольких кривых, форма которых соответствует характеру изменения временного ряда; 2) оценка параметров выбранных кривых; 3) проверка адекватности выбранных кривых прогнозируемому процессу, оценка точности моделей и окончательный выбор кривой роста; 4) расчет точечного и интервального прогнозов.

**Задание 2.** Несовпадение фактических данных с точечным прогнозом, полученным путем экстраполяции тенденции по кривым роста, может быть вызвано:

Решение.

1) субъективной ошибочностью выбора вида кривой; 2) погрешностью оценивания параметров кривых; 3) погрешностью, связанной с отклонением отдельных наблюдений от тренда, характеризующего некоторый средний уровень ряда.

**Задание 3.** при оценке «качества» модели проверяют, удовлетворяет ли остаточная последовательность следующим свойствам:

Решение.

случайности колебаний уровней ряда; соответствию распределения остаточной компоненты нормальному закону с нулевым математическим ожиданием; независимости значений уровней ряда остатков между собой.

**Задание 4.** Перечислите основные шаги критерия Дарбина-Уотсона

Решение.

Алгоритм для выявления автокорреляции остатков на основе критерия Дарвина-Уотсона следующий. Выдвигается гипотеза  $H_0$  об отсутствии автокорреляции остатков. Альтернативная гипотеза состоит в наличии положительной автокорреляции 1-го порядка.

Тогда при сравнении расчетного значения  $d$  с табличными/пороговыми значениями  $d_1, d_2$  возможны следующие варианты:

1. Если  $d < d_1$ , то гипотеза  $H_0$  отвергается с вероятностью ошибки  $\alpha$  в пользу гипотезы о положительной автокорреляции.
2. Если  $d > d_2$ , то гипотеза  $H_0$  не отвергается.
3. Если  $d_1 \leq d \leq d_2$ , то нельзя сделать определенный вывод. Говорят, что  $d$  попала в область неопределенности.

Если альтернативной гипотезой является гипотеза о наличии остатков отрицательной автокорреляции, то с пороговыми значениями сравнивается величина  $4-d$ . При этом рассматривают следующие варианты:

1. Если  $4 - d < d_1$ , то гипотеза  $H_0$  отвергается
2. Если  $4 - d > d_2$ , то гипотеза  $H_0$  не отвергается.

3. Если  $d_1 \leq 4 - d \leq d_2$ , то нельзя сделать определенный вывод. Говорят, что  $4 - d$  попала в область неопределенности.

### Задание 5.

Перечислите основные шаги метода последовательных разностей

Решение.

Последовательные разности представляют собой дискретный приближенный аналог производных. Метод может быть реализован следующей последовательностью шагов (если есть временной ряд  $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$ ):

1.  $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}, \forall t = 1, 2, 3, \dots$
2.  $\Delta^2 y_t = \Delta(\Delta y_t) = \Delta^2 y_t = \Delta y_t - \Delta y_{t-1}, \forall t = 2, 3, 4, \dots$
3.  $\Delta^k y_t = \Delta(\Delta^{k-1} y_t) = \Delta^k y_t = \Delta^{k-1} y_t - \Delta^{k-1} y_{t-1}, \forall t = k, \dots$

Вычисляем до тех пор, пока разности не станут примерно одинаковыми, тогда степень выравнивающего полинома принимают равной порядку разности.

Критерии оценивания	Баллы
Получен полный ответ, соответствующий указанному решению. Имеется верная последовательность всех этапов решения, обоснованно получен верный ответ в случае алгоритма.	3
Получен неполный ответ, в целом передающий суть задания. Получен неверный ответ из-за вычислительной ошибки, при этом имеется верная последовательность всех этапов решения в случае алгоритма.	2
Получен верный ответ, однако имеются пропуски одного или двух этапов решения ИЛИ Решение не завершено, однако верно выполнен хотя бы один из этапов решения.	1
Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	0

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: *вопросов к зачету*.

Перечень вопросов к зачёту

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. Основные этапы построения математической модели.
11. Определение временного ряда, его компоненты, основные типы временных рядов.
12. Основные этапы метода Фостера-Стюарта.
13. Основные этапы процедуры сглаживания с помощью простых скользящих средних.
14. Основные этапы процедуры сглаживания с помощью взвешенных скользящих средних.
15. Определение модели кривой роста. Приведите пример модели кривой роста. Основные классы моделей кривых роста.
16. Основные этапы решения задачи идентификации с помощью МНК.
17. Определение доверительного интервала прогноза. Основные этапы решения задачи с помощью адаптивных методов с помощью схемы.
18. Основные этапы процедуры конечных разностей.
19. Основные этапы критерия Дарбина-Уотсона.
20. Понятие кластеризации и классификации. основные меры расстояний, применяемые в кластерном анализе.

## ДЛЯ ЗАЧЕТА С ОЦЕНКОЙ

Для оценивания результатов обучения на зачёте с оценкой 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 дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Допускаются ошибки при воспроизведении части теоретических положений.	Базовый уровень	Хорошо
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

