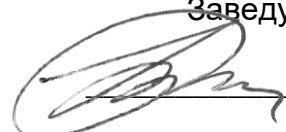


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

 Заведующий кафедрой  
электроники  
Бобрешов А.М.

31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.13 Математическое моделирование**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

*09.03.01 Информатика и вычислительная техника*

**2. Профиль подготовки/специализация:**

*Вычислительные машины, комплексы, системы и сети (ФГОСЗплюс)*

**3. Квалификация (степень) выпускника:** *бакалавр*

**4. Форма обучения:** *очная*

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** *электроники*

**6. Составители программы:** *Овчинникова Татьяна Михайловна, к.ф.-м.н.доцент*

**7. Рекомендована:**

*НМС физического факультета 23.06.2021, № протокола: 6*

**8. Учебный год:** *2023/2024*

**Семестр(ы):** *5*

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель дисциплины «Математическое моделирование» - дать студентам знания о базовых классических математических моделях и методах, используемых при исследовании реальных систем, процессов и явлений. Задачами дисциплины являются формирование у будущих специалистов знаний и умения ставить и решать сложные инженерные задачи, возникающие в профессиональной практике; овладение современными технологиями построения и исследования математических моделей различных сложных технических комплексов и систем; освоение основных методов численной реализации математических моделей на компьютерах; развитие у студентов современных форм математического мышления.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Математическое моделирование» является обязательной дисциплиной вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 09.03.01 Информатика и вычислительная техника. Изучение дисциплины проводится на базе общих курсов «Информатика», «Программирование», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные и интегральные уравнения». 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1	Опирается на основы математики, физики, вычислительной техники и программирования при построении модели предметной области в рамках теоретического и экспериментального исследования	Умеет применять на практике модели математический аппарат для построения модели предметной области
		ОПК-1.2	Планирует решение профессиональных задач с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Применяет полученный опыт для разработки и реализации архитектуры программного обеспечения с точки зрения корректного отображения предметной области
		ОПК-1.3	Анализирует результаты теоретического и экспериментального исследования предметной области в рамках теоретического и экспериментального исследования	Анализирует архитектуру программ и модель предметной области в целом на основе данных о валидности и практике применения программного обеспечения

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 4/144

Форма промежуточной аттестации: *зачет*

## 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
	5		

Аудиторные занятия	68	68		
в том числе:				
лекции	34	34		
практические				
лабораторные	34	34		
Самостоятельная работа	76	76		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – час.)	56	56		
Итого:	144	144		

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Классификация математических моделей	Математическая модель, ее свойства и требования к модели. Основные этапы разработки модели, алгоритмизация модели и ее машинная реализация. Различные подходы к классификации. Функциональные и структурные модели. Дискретные и непрерывные модели. Динамические и статические модели. Детерминированные и стохастические модели. Линейные и нелинейные модели. Нечеткие модели.
1.2	Аппроксимация нелинейных характеристик	Интерполирование непрерывной функции полиномами. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Кусочно-линейная аппроксимация. Кусочно-полиномиальная аппроксимация. Интерполяционные сплайны. Дефект сплайна. Квадратичные сплайны. Кубические сплайны. Построение кубических сплайнов. Типы граничных условий. Многомерные сплайны.
1.3	Регрессионный анализ	Сглаживание экспериментальных и численных результатов. Минимизация средне-квадратичного отклонения. Обработка результатов методом наименьших квадратов. Линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Обобщенный метод наименьших квадратов. Рекурсивный метод наименьших квадратов. Сглаживающие кубические сплайны. Слабо сглаживающие и сильно сглаживающие сплайны.
1.4	Спектральный анализ	Преобразование Фурье периодических функций. Интегральное преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье. Оконное преобразование Фурье. Многомерное преобразование Фурье. Вейвлет- преобразование.
1.5	Модели нелинейных динамических систем	Блочнo-ориентированные модели Винера и Гаммерштейна. Каскадные и обобщенные модификации моделей Винера и Гаммерштейна. Модель Вольтерры. Связь между входом и выходом в виде ряда Вольтерры во временной и частотной области. Отклик на полигармоническое воздействие. Процедура нахождения ядер Вольтерры.
1.6	Методы планирования эксперимента	Планирование экономических многофакторных экспериментов. Планирование 1-го порядка. Выбор основных факторов и их уровней. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Планы 2-го порядка. Ортогональные планы 2-го порядка. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1		
2.2		
<b>3. Лабораторные работы</b>		
3.1	Аппроксимация нелинейных характеристик	Интерполяционные сплайны. Дефект сплайна. Квадратичные сплайны. Кубические сплайны. Построение кубических сплайнов. Типы граничных условий.
3.2	Регрессионный анализ	Обработка результатов методом наименьших квадратов.

		Линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Взвешенный метод наименьших квадратов.
3.3	Спектральный анализ	Преобразование Фурье периодических функций. Интегральное преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье.
3.4	Модели нелинейных динамических систем	Модель Вольтерры. Связь между входом и выходом в виде ряда Вольтерры во временной и частотной области. Отклик на полигармоническое воздействие. Процедура нахождения ядер Вольтерры.
3.5	Методы планирования эксперимента	Планирование 1-го порядка. Выбор основных факторов и их уровней. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Планы 2-го порядка. Ортогональные планы 2-го порядка.

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Классификация математических моделей	4	0	0	10	14
2	Аппроксимация нелинейных характеристик	6	0	7	14	27
3	Регрессионный анализ	6	0	7	14	27
4	Спектральный анализ	6	0	6	14	26
5	Модели нелинейных динамических систем	8	0	8	14	30
6	Методы планирования эксперимента	4	0	6	10	20
	Итого:	34	0	34	76	144

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

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал.

**Самостоятельная работа** студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка зачету.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме.

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

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	<a href="#">Лоран, П.-Ж.</a> Аппроксимация и оптимизация / П.-Ж. Лоран ; пер. с фр. Ю.С. Завьялова [и др.] под ред. Г.Ш. Рубинштейна и Н.Н. Яненко .— М. : Мир, 1975 .— 496 с.
2.	<a href="#">Малоземов, Василий Николаевич.</a> Полиномиальные сплайны : учебное пособие / В.Н. Малоземов, А.Б. Певный ; Ленингр. гос. ун-т им. А.А. Жданова .— Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1986 .— 120 с.
3.	<a href="#">Демидович, Борис Павлович.</a> Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : учебное пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова ; под ред. Б. П. Демидовича .— Изд. 4-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2008 .— 400 с. : ил. ; 21 см. — (Классическая учебная литература по математике)
4.	Приближение функций полиномами и сплайнами : [Сборник статей] / АН СССР, Уральский науч. центр; [Отв. ред. Ю.Н. Субботин] .— Свердловск, 1985 .— 151,[1] с. : ил.
5.	<a href="#">Корнейчук, Николай Павлович.</a> Сплайны в теории приближения / Н.П. Корнейчук .— М. : Наука, 1984 .— 350,[1] с. : ил.
6.	<a href="#">Макаров, Владимир Леонидович.</a> Сплайн-аппроксимация функций : Учебное пособие для студ. вузов / В.Л. Макаров, В.В. Хлобыстов .— М. : Высшая школа, 1983 .— 79,[1] с. : ил.
7.	<a href="#">Стечкин, Сергей Борисович.</a> Сплайны в вычислительной математике / С.Б. Стечкин, Ю.Н. Субботин .— М. : Наука, 1976 .— 248 с.
8.	<a href="#">Линник, Юрий Владимирович.</a> Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений / Ю.В. Линник .— 2-е изд., доп. и испр. — М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962 .— 349 с. : ил.
9.	<a href="#">Титчмарш, Эдвард Чарльз.</a> Введение в теорию интегралов Фурье = Introduction to the theory of Fourier integrals / Э.Ч. Титчмарш ; пер. с англ. Д. А. Райкова .— Изд. 3-е, стер. — М. : КомКнига : URSS, 2007 .— 479 с.
10.	<a href="#">Эдвардс, Роберт Эдмунд.</a> Ряды Фурье в современном изложении = Fourier series a modern introduction : в 2 т. / Р.Э. Эдвардс / пер. с англ. В.А. Скворцова ..— М. : Мир, 1985-. Т. 1 — 1985 .— 260 с. — Т. 2 — 1985 .— 399 с.
11.	<a href="#">Толстов, Георгий Павлович.</a> Ряды Фурье / Г.П. Толстов .— Изд. 3-е, испр. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980 .— 381 с. : ил. — (Физико-математическая библиотека инженера) .
12.	<a href="#">Романовский, Павел Игнатьевич.</a> Ряды Фурье. Теория поля. Аналитические и специальные функции. Преобразование Лапласа : Учебное пособие для студ. вузов / П. И. Романовский .— 5-е изд., доп. — М. : Наука, 1973 .— 336 с. : ил.
13.	<a href="#">Жук, Владимир Васильевич.</a> Тригонометрические ряды Фурье и элементы теории аппроксимации : Учебное пособие / В.В. Жук, Г.И. Натансон ; Ленинградский гос. ун-т им. А.А. Жданова .— Л. : Изд-во ЛГУ, 1983 .— 187,[1] с.
14.	<a href="#">Жуков, Анатолий Иванович.</a> Метод Фурье в вычислительной математике / А.И. Жуков .— М. : Наука, 1992 .— 174, [2] с.
15.	<a href="#">Джонсон, Норман.</a> Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион ; Пер. с англ. Э.К. Лецкого и Е.В. Марковой .— М. : Мир, 1981 .— 516 с. : ил.
16.	<a href="#">Бродский, Вячеслав Зиновьевич.</a> Введение в факторное планирование эксперимента / В.З. Бродский ; АН СССР , Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" .— М. : Наука, 1976 .— 222,[2] с. : ил.
17.	<a href="#">Адлер, Юрий Павлович.</a> Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер и др. — М. : Наука, 1976 .— 279 с.
18.	<a href="#">Радченко, Юрий Степанович.</a> Методы обработки и планирования эксперимента [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. бакалавриата 4 курса и магистров 1-2 курсов направлений 03.03.03 - Радиофизика и 03.04.03 - Радиофизика ]. Ч. 2. Проверка гипотез, аппроксимация распределений / Ю.С. Радченко ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017 .— Загл. с титула экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-155.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-155.pdf</a> >.
19.	<a href="#">Бобрешов, Анатолий Михайлович.</a> Анализ нелинейных схем методом рядов Вольтерры : учеб. пособие / А.М. Бобрешов, Н.Н. Мымрикова, И.С. Коровченко .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2006 .— 47 с. — Тираж 100. 2,9 п.л.
20.	<a href="#">Богданович, Борис Михайлович.</a> Нелинейные искажения в приемно-усилительных устройствах / Б. М. Богданович .— М. : Связь, 1980 .— 279 с. : ил.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
21.	<b><u>Лебедев, Вячеслав Иванович</u></b> . Функциональный анализ и вычислительная математика : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальностям "Математика", "Прикладная математика" / В. И. Лебедев .— Изд. 4-е, испр. и доп. — М. : Физматлит, 2005 .— 295 с. : ил.
22.	Аппроксимация функций нескольких переменных по методу наименьших квадратов .— М., 1967.
23.	Лабораторные занятия по численным методам: интерполирование и приближение функций : учебно-методическое пособие : [для направлений: 010400 - Приклад. математика и информатика, 010500 - Мат. обеспечение и администрирование информ. систем, 010300 - Фундамент. информатика и информ. технологии; 010800 - Механика и мат. моделирование]. Ч. 1. Теория / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: В.В. Корзунина, К.П. Лазарев, З.А. Шабунина .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014 .— 32 с. : табл. — Библиогр.: с. 32.
24.	<b><u>Губанов, Вадим Сергеевич</u></b> . Обобщенный метод наименьших квадратов : Теория и применение в астрометрии / В.С. Губанов ; РАН. Ин-т приклад. астрономии .— СПб. : Наука, 1997 .— 318 с. : табл.
25.	Ряды Фурье (построение и сходимости) : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. фак. приклад. математики, информатики и механики Воронеж. гос. ун-та всех форм обучения, изучающих курс мат. анализа, для специальностей : 010501 - Прикладная математика и информатика, 010503 - Мат. обеспечение и администрирование информ. систем, 0100901 - Механика] / Воронеж. гос. ун-т; сост.: Г.А. Виноградова, П.С. Украинский .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009 .— 21 с. — Библиогр.: с. 21.
26.	Ряды Фурье и их применение в решении задач математической физики и обработки информации : [учебное пособие] / А.А. Катрахова [и др.] ; Воронеж. гос. техн. ун-т .— Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2010 .— 216 с. : ил. — Библиогр.: с.213.
27.	Математические модели природы и общества / Н.Н. Калиткин [и др.] .— М. : Физматлит, 2005 .— 358 с. : ил., табл. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 5-9221-0558-2 ((в пер.)), 400 экз.
28.	<b><u>Калиткин, Николай Николаевич</u></b> . Численные методы : [учебное пособие для студ. ун-тов и высш. техн. учеб. заведений] / Н.Н. Калиткин ; под ред. А.А. Самарского .— 2-е изд. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011 .— 586 с. + ил., табл.
29.	<b><u>Калиткин, Николай Николаевич</u></b> . Численные методы: в 2 кн. Кн. 1. Численный анализ (Университетский учебник. Сер. Прикладная математика и информатика). / Н.Н. Калиткин, Е.А.Альшина .— М.: Академия, 2013. - 304 с., + ил., табл.
30.	<b><u>Калиткин, Николай Николаевич</u></b> . Численные методы: в 2 кн. Кн. 2. Методы математической физики (Университетский учебник. Сер. Прикладная математика и информатика). / Н.Н. Калиткин, П.В. Корякин .— М.: Академия, 2013. - 304 с., + ил., табл.
31.	<b><u>Тарасик, В.П.</u></b> Математическое моделирование технических систем : Учебник для студ. техн. спец. ВУЗов / В.П. Тарасик .— Минск : ДизайнПро, 1997 .— 623, [8] с., [8] л. табл. : ил.
32.	Численные методы : сборник задач : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подгот. "Математика. Прикладная математика" / В.Ю. Гидаспов [и др.] ; под ред. У.Г. Пирумова .— М. : Дрофа, 2007 .— 144 с. : ил., табл. — (Высшее образование)
33.	<b><u>Бахвалов, Николай Сергеевич</u></b> . Численные методы : Учебное пособие для студ. физ.-мат. спец. вузов / И. В. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков .— 8-е изд. — М. ; СПб. : Лаборатория базовых знаний, 2000 .— 622 с. : ил., табл. — (Технический университет) .
34.	<b><u>Советов, Борис Яковлевич</u></b> . Моделирование систем : Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев .— 2-е изд. перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1998 .— 318, [1] с.
35.	<b><u>Жидков, Евгений Николаевич</u></b> . Вычислительная математика : [учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по направлениям "Информатика и вычислит. техника", "Информ. системы"] / Е.Н. Жидков .— М. : Академия, 2010 .— 199, [1] с. : ил., табл. — (Высшее профессиональное образование. Естественные науки) .
36.	<b><u>Бахвалов, Николай Сергеевич</u></b> . Численные методы : Учебное пособие для студ. физ.-мат. специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков .— 2-е изд. — М. ; СПб. : Физматлит : Лаб. базовых знаний, 2002 .— 630 с. : ил. — (Технический университет. Математика) .
37.	<b><u>Вержбицкий, Валентин Михайлович</u></b> . Численные методы. Линейная алгебра и

	нелинейные уравнения : Учебное пособие для студ. мат. и инженер. спец. вузов / В.М. Вержбицкий .— М. : Высшая школа, 2000 .— 265, [1] с. : ил., табл.
38.	<a href="#">Вержбицкий, Валентин Михайлович</a> . Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения : Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по мат. специальностям и направлениям подгот. дипломир. специалистов в обл. техники и технологии / В.М. Вержбицкий .— М. : Высш. шк., 2001 .— 381, [1] с. : ил., табл.
39.	<a href="#">Демидович, Борис Павлович</a> . Основы вычислительной математики : учебное пособие для студ. вузов / Б.П. Демидович, И.А. Марон .— 4-е изд., испр. — М. : Наука, 2009 .— 672 с.
40.	<a href="#">Бахвалов, Николай Сергеевич</a> . Численные методы : учебное пособие для студ. физ.-мат. специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— 5-е изд. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007 .— 636 с. : ил. — (Классический университетский учебник /
41.	<a href="#">Демидович, Борис Павлович</a> . Методы приближенных вычислений : учебное пособие для студ. вузов / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Шувалова Э З.— 4-е изд., испр. — М. : Наука, 2016 .— 400 с.
42.	<a href="#">Савин, Геннадий Иванович</a> . Системное моделирование сложных процессов / Г.И. Савин .— М. : Фазис, 2000 .— 274, [1] с. : ил. — (Математическое моделирование ; Вып.3) .—
43.	<a href="#">Бруевич, А.Н.</a> Аппроксимация нелинейных характеристик и спектры при гармоническом воздействии .— М. : Советское радио, 1965 .— 343,[1] с. : ил.

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

№ п/п	Ресурс
1.	Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xsl+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xsl+rus</a>
2.	Электронно-библиотечная система "БиблиоТех" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486</a>
3.	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457</a>
4.	Электронно-библиотечная система BOOK.ru.(изд-во "КноРус") : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436</a>
5.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401</a>
6.	Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM" (изд-во "ИНФРА-М") : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360</a>
7.	Электронно-библиотечная система ibook.ru : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344</a>
8.	Электронно-библиотечная система IPRbooks : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343</a>
9.	Электронно-библиотечная система «КнигаФонд» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336</a>
10.	Электронно-библиотечная система IQLib : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310</a>
11.	Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308</a>
12.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307</a>
13.	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

**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	<a href="#">Радченко, Юрий Степанович</a> . Методы обработки и планирования эксперимента

	[Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. бакалавриата 4 курса и магистров 1-2 курсов направлений 03.03.03 - Радиофизика и 03.04.03 - Радиофизика ]. Ч. 2. Проверка гипотез, аппроксимация распределений / Ю.С. Радченко ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017 .— Загл. с титула экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-155.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-155.pdf</a> >.
--	--

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

нет

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Помещение:

1. Компьютерный класс с установленными персональными компьютерами в количестве с расчетом 1 компьютер на 1 человека;
2. Доступ к сети Интернет.

Требования к программному обеспечению:

3. Операционная система Windows 7 или выше;
4. Пакеты для математического моделирования

## 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-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Опирается на основы математики, физики, вычислительной техники и программирования при построении модели предметной области в рамках теоретического и экспериментального исследования	1 – 6	Опрос студентов на занятиях в соответствии с контрольно-измерительным материалом №№ 1-23. Проверка выполнения заданий по темам: «Аппроксимация нелинейных характеристик», «Регрессионный анализ», «Спектральный анализ», «Модели нелинейных динамических систем», «Методы планирования эксперимента».
	ОПК-1.2 Планирует решение профессиональных задач с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования		
	ОПК-1.3 Анализирует результаты теоретического и экспериментального исследования предметной области в рамках теоретического и экспериментального исследования		



\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

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

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами и фактами;
- 4) умение применять полученные знания на практике и при решении конкретных задач по построению и анализу моделей процессов и систем в сфере профессиональной деятельности;

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено  
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>В течении семестра обучающемуся предлагается выполнить набор лабораторных заданий. Оценка не зачтено выставляется в результате успешного выполнения 80% практических заданий. Обучающийся должен ответить на дополнительные вопросы и продемонстрировать владение понятийным аппаратом, способность применить полученные знания на практике. Также, для получения оценки зачтено, обучающийся должен правильно ответить более чем на 50% тестовых заданий. Студент получает оценку «зачтено» за практическую работу, если поставленная задача полностью выполнена, а ожидаемые результаты достигнуты. Кроме того, студент должен быть способен изложить и объяснить всю последовательность своих действий при выполнении задания.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Оценка не зачтено ставиться, если по завершении курса обучающийся не выполнит 80% практических заданий и количество правильных ответов на тестовые задания менее 50%, демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Не зачтено</i>

## 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 к зачету:

#### Контрольно-измерительный материал № 1

1. Математическая модель, ее свойства и требования к модели.
2. Вейвлет- преобразование.

#### Контрольно-измерительный материал № 2

1. Функциональные и структурные модели.
2. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье

#### Контрольно-измерительный материал № 3

1. Дискретные и непрерывные модели.
2. Преобразование Фурье периодических функций.

#### Контрольно-измерительный материал № 4

1. Динамические и статические модели.
2. Интегральное преобразование Фурье.

#### Контрольно-измерительный материал № 5

1. Детерминированные и стохастические модели.

2. Многомерное преобразование Фурье.

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Линейные и нелинейные модели.

2. Дискретное преобразование Фурье.

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Нечеткие модели.

2. Быстрое преобразование Фурье..

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Интерполирование непрерывной функции полиномами.

2. Оконное преобразование Фурье.

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Свойства интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона.

2. Блочнo-ориентированные модели Винера и Гаммерштейна.

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Кусочно-линейная аппроксимация.

2. Каскадные и обобщенные модификации моделей Винера и Гаммерштейна.

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Кусочно-полиномиальная аппроксимация.

2. Модель Вольтерры.

Контрольно-измерительный материал № 12

1. Интерполяционные сплайны. Дефект сплайна.

2. Связь вход/выход в виде ряда Вольтерры во временной и частотной области.

Контрольно-измерительный материал № 13

1. Квадратичные сплайны.

2. Отклик на полигармоническое воздействие.

Контрольно-измерительный материал № 14

1. Кубические сплайны. Типы граничных условий

2. Процедура нахождения ядер Вольтерры.

Контрольно-измерительный материал № 15

1. Построение кубических сплайнов.

2. Планирование экономичных многофакторных экспериментов

Контрольно-измерительный материал № 16

1. Сглаживающие кубические сплайны.

2. Планирование 1-го порядка.

Контрольно-измерительный материал № 17

1. Многомерные сплайны.

2. Выбор основных факторов и их уровней в плане экспериментов

Контрольно-измерительный материал № 18

1. Сглаживание экспериментальных и численных результатов.

2. Полный факторный эксперимент.

Контрольно-измерительный материал № 19

1. Критерий минимума средне-квадратичного отклонения.

2. Дробный факторный эксперимент.

Контрольно-измерительный материал № 20

1. Обработка результатов методом наименьших квадратов. Линейная регрессия.

2. Планы 2-го порядка.

Контрольно-измерительный материал № 21

1. Обработка результатов методом наименьших квадратов. Полиномиальная регрессия.

2. Метод прогонки при вычислении кубических сплайнов

Контрольно-измерительный материал № 22

1. Обобщенный метод наименьших квадратов.

2. Ортогональные планы 2-го порядка.

Контрольно-измерительный материал № 23

1. Рекурсивный метод наименьших квадратов

2. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий.

### 19.3.2 Перечень практических заданий

### 19.3.4 Тестовые задания

### 19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

### 19.3.5 Темы курсовых работ

### 19.3.6 Темы рефератов

## **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 форме(ах): *устного индивидуального опроса; тестирования*; Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.