

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт информационных технологий и радиоэлектроники



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Математические методы теории систем

**направление подготовки / специальность**

09.04.01 Информатика и вычислительная техника

**направленность (профиль) подготовки**

Автоматизация проектирования электронной вычислительной аппаратуры

г. Владимир

2021 Год

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Математические методы теории систем» состоит в обучении студентов математическим методам теории системного моделирования, необходимому при проектировании и исследовании технических и вычислительных систем.

Задачи: теоретическая и практическая подготовка по применению знаний в области проектирования сложных систем; приобретение навыков использования современных компьютерных и информационных технологий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математические методы теории систем» относится к обязательной части.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	ОПК-1.1 Знает основные принципы разработки современных проблемно-ориентированных программных систем и аппаратных средств ОПК-1.2 Умеет самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте ОПК-1.3 Владеет математическими, естественнонаучными, социально-экономическими и профессиональными знаниями для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	Знать основные принципы разработки современных проблемно-ориентированных программных систем и аппаратных средств Уметь самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте Владеть математическими, естественнонаучными, социально-экономическими и профессиональными знаниями для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	Тестовые вопросы Практико-ориентированное задание

<p>ПК-3 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем</p>	<p>ПК-3.1 Знает стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем  ПК-3.2 Умеет разрабатывать технические документы, адресованные специалисту по информационным технологиям  ПК-3.3 Владеет средствами и методами формирования технической и научной документации</p>	<p>Знать стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем  Уметь разрабатывать технические документы, адресованные специалисту по информационным технологиям  Владеть средствами и методами формирования технической и научной документации</p>	<p>Тестовые вопросы  Практико-ориентированное задание</p>
<p>ПК-4 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</p>	<p>ПК-4.1 Знает проблемно-ориентированное проектирование и требования стандартов по разработке и оформлению научной и технической документации  ПК-4.2 Умеет разрабатывать технические документы, адресованные специалисту по информационным технологиям  ПК-4.3 Владеет средствами и методами формирования технической и научной документации</p>	<p>Знать инструментарий математического анализа дискретных объектов и систем  Уметь анализировать и формализовать полученные на практике или при исследованиях результаты и делать на их основе обоснованные выводы  Владеть навыками применения методов решения теоретических задач в области схемотехники цифровых устройств</p>	<p>Тестовые вопросы  Практико-ориентированное задание</p>

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Часть 1. Понижение порядка моделей. Введение. Цели и задачи курса.	3	1-2	2	4		2	11	
2	Понижение порядка моделей линейных систем	3	3-4	2	4			11	
3	Понижение порядка моделей нелинейных систем на основе траекторий	3	5-6	2	4		2	11	
4	Понижение порядка моделей нелинейных систем на основе рядов Вольтерра	3	7-8	2	4			11	Рейтинг-контроль №1
5	Понижение порядка моделей нелинейных систем на основе приведения уравнений к квадратичной форме	3	9-10	2	4		2	11	
6	Часть 2. Тензорные преобразования. Введение и определения	3	11-12	2	4			11	Рейтинг-контроль №2
7	Каноническое преобразование	3	13-14	2	4		2	11	
8	Преобразование Такера	3	15-16	2	4			11	
9	Преобразование тензорного поезда	3	17-18	2	4		1	11	Рейтинг-контроль №3
Всего за 3 семестр:				18	36		9	99	Экзамен/27
Наличие в дисциплине КП/КР									нет
Итого по дисциплине				18	36		9	99	Экзамен/27

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Модели сложных систем.

Введение

**Тема 1. Модели** для разных уровней представления, разных областей представления и разной степени сложности. Иерархия моделей. Макромодели. Проектирование систем «сверху вниз», процедура синтеза.

**Тема 2. Методы понижения порядка модели** (Model Order Reduction, MOR).

Модели в виде дифференциальных алгебраических уравнений (ДАУ или обыкновенные дифференциальные уравнения, в частном случае).

Раздел 2. Понижение порядка моделей линейных систем.

Тема 1. Два класса методов MOR: методы на основе проекций (проекционные методы) и не проекционные методы. Проекционные методы. Методы согласования моментов передаточной функции (на основе подпространств Крылова), методы на основе ограниченной балансной реализации (Truncated Balanced Realizations, TBR) и группа методов на основе правильной ортогональной декомпозиции (Proper Orthogonal Decomposition, POD). Порядок подпространства Крылова. Реализация метода Крылова с помощью алгоритмов Арнольди или Ланцоша.

Тема 2. Два основных недостатка. Метод ограниченной балансной реализации (truncated balanced realization, TBR) в теории управления. Идеи управляемости и наблюдаемости (различимости) (controllability and observability). Граммианы и уравнения Ляпунова.

Тема 3. Правильной ортогональной декомпозиции (proper orthogonal decomposition, POD). Декомпозиция Кархунена-Ловье (Karhunen-Loeve decomposition). Анализ принципиальных (главных) компонент (Principal components analysis, PCA). Декомпозиция на основе сингулярных значений (singular value decomposition, SVD).

Раздел 3. Понижение порядка моделей нелинейных систем.

Тема 1. Для нелинейных систем строится на базе для линейных систем. Методы функциональных рядов Вольтерра. Согласование моментов ядер Вольтерра (или передаточных функций более высокого порядка). Ряд Вольтерра и сходимости.

Тема 2. Сильно нелинейные системы. Аппроксимации нелинейных свойств кусочно-линейными зависимостями в широком диапазоне. Точки разложения. Сшивание отрезков взвешенной суммой. Комбинация метода рядов Вольтерра и кусочно-линейной аппроксимации.

Раздел 4. Тензорные преобразования.

Тема 1. Введение в тензоры. Примеры применения тензорных преобразований для решения сложных технических задач. Основные определения. Операции с тензорами. Преобразование тензора в матрицу и обратно. Элементы тензора.

Тема 2. Назначение тензорных декомпозиций. Каноническая декомпозиция. Декомпозиция Такера. Декомпозиция тензорного произведения. Сравнение декомпозиций.

Тема 3. Программное обеспечение для тензорных преобразований.

## Содержание практических занятий по дисциплине

1. Модели для разных уровней представления
2. Модели для разных областей представления.
3. Модели разной степени сложности.
4. Макромодели.
5. Методы понижения порядка модели.
6. Проекционные методы.
7. Методы согласования моментов передаточной функции.
8. Подпространства Крылова.
9. Методы на основе ограниченной балансной реализации.
10. Методы на основе правильной ортогональной декомпозиции
11. Декомпозиция на основе сингулярных значений.
12. Методы функциональных рядов Вольтерра.
13. Ряд Вольтерра и сходимости.
14. Аппроксимации нелинейных свойств кусочно-линейными зависимостями в широком диапазоне.
15. Выбор точек разложения.
16. Комбинация метода рядов Вольтерра и кусочно-линейной аппроксимации
17. Основные определения в теории тензоров.
18. Операции с тензорами.
19. Методы декомпозиции тензоров.
20. Программное обеспечение по работе с тензорами.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 5.1. Текущий контроль успеваемости

#### Вопросы рейтинг-контроля №1

1. Модели для разных уровней представления
2. Модели для разных областей представления.
3. Модели разной степени сложности.
4. Иерархия моделей.
5. Макромодели.
6. Проектировании систем «сверху вниз».
7. Процедура синтеза.
8. Методы понижения порядка модели.
9. Модели в виде дифференциальных алгебраических уравнений
10. Проекционные методы.

#### Вопросы рейтинг-контроля №2

1. Методы согласования моментов передаточной функции.
2. Подпространства Крылова.
3. Методы на основе ограниченной балансной реализации.
4. Методы на основе правильной ортогональной декомпозиции
5. Декомпозиция на основе сингулярных значений.
6. Методы функциональных рядов Вольтерра.
7. Согласование моментов ядер Вольтерра (или передаточных функций более высокого порядка).
8. Ряд Вольтерра и сходимость.
9. Сильно нелинейные системы.
10. Аппроксимации нелинейных свойств кусочно-линейными зависимостями в широком диапазоне.
11. Выбор точек разложения.
12. Сшивание отрезков взвешенной суммой.
13. Комбинация метода рядов Вольтерра и кусочно-линейной аппроксимации

#### Вопросы рейтинг-контроля №3

1. Перечислить основные определения теории тензоров.
2. Операции с тензорами.
3. Примеры применения тензорных преобразований для решения сложных технических задач.
4. Преобразование тензора в матрицу и обратно.
5. Элементы тензора.
6. Назначение тензорных декомпозиций.
7. Каноническая декомпозиция.
8. Декомпозиция Такера.
9. Декомпозиция тензорного произведения.
10. Сравнение декомпозиций.
11. Программное обеспечение для тензорных преобразований.

### 5.2. Промежуточная аттестация

#### Вопросы экзамена

1. Модели для разных уровней представления
2. Модели для разных областей представления.
3. Модели разной степени сложности.
4. Иерархия моделей.
5. Макромодели.
6. Проектировании систем «сверху вниз».
7. Процедура синтеза.
8. Методы понижения порядка модели.
9. Модели в виде дифференциальных алгебраических уравнений
10. Проекционные методы.
11. Методы согласования моментов передаточной функции.

12. Подпространства Крылова.
13. Методы на основе ограниченной балансной реализации.
14. Методы на основе правильной ортогональной декомпозиции
15. Декомпозиция на основе сингулярных значений.
16. Методы функциональных рядов Вольтерра.
17. Согласование моментов ядер Вольтерра (или передаточных функций более высокого порядка).
18. Ряд Вольтерра и сходимость.
19. Сильно нелинейные системы.
20. Аппроксимации нелинейных свойств кусочно-линейными зависимостями в широком диапазоне.
21. Выбор точек разложения.
22. Сшивание отрезков взвешенной суммой.
23. Комбинация метода рядов Вольтерра и кусочно-линейной аппроксимации.
24. Перечислить основные определения теории тензоров.
25. Операции с тензорами.
26. Примеры применения тензорных преобразований для решения сложных технических задач.
27. Преобразование тензора в матрицу и обратно.
28. Элементы тензора.
29. Назначение тензорных декомпозиций.
30. Каноническая декомпозиция.
31. Декомпозиция Такера.
32. Декомпозиция тензорного поезда.
33. Сравнение декомпозиций.
34. Программное обеспечение для тензорных преобразований.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к лабораторным и практическим занятиям, выполнении заданий для самостоятельной работы, оформлении отчетов по лабораторным работам, подготовке к промежуточной аттестации.

Задания для самостоятельной работы студентов

1. Иерархия моделей.
2. Проекционные методы.
3. Декомпозиция на основе сингулярных значений.
4. Ряд Вольтерра и сходимость.
5. Аппроксимации нелинейных свойств кусочно-линейными зависимостями в широком диа
6. Операции с тензорами.
7. Примеры применения тензорных преобразований для решения сложных технических задач.
8. Назначение тензорных декомпозиций.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Ланцов В.Н. Понижение порядка моделей. Учебное пособие по дисциплине «Математические методы теории систем. – Владимир, ВлГУ, 2017, 115 с.	2017	
2. Методы исследования операций: учебное пособие для вузов / Б. А. Есипов. - Изд. 2-е, испр. и доп.. - Санкт-Петербург: Лань, 2013 - 299 с.	2013	
3. Математическое моделирование многоагентных систем конкуренции и кооперации (Теория игр для всех): учебное пособие/ В. Н. Колокольцов, О. А. Малафеев. - Санкт-	2012	

Петербург: Лань - 2012 622 с		
Дополнительная литература		
4. Введение в состоятельные методы моделирования систем : учебное пособие для вузов по направлению 230400 "Прикладная математика" специальности 230401 "Прикладная математика" : в 2 ч. / Ф. Ф. Пащенко . - Москва : Финансы и статистика, 2007. Ч. Идентификация нелинейных систем 2007.— 288 с	2007	
5. Учебник. Тихонов А.Н., Васильев А.Б., Свешников А.И. Дифференциальные уравнения. М. Физматлит. 2002. 256 с.	2002	
6. Основы дискретного гармонического анализа: учебное пособие/ В. Н. Малоземов, С. М. Машарский. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 301 с.	2012	

## 6.2. Периодические издания

Журналы (<https://elibrary.ru/>):

1. Вестник компьютерных и информационных технологий
2. Вычислительные технологии

## 6.3. Интернет-ресурсы

<http://www.studentlibrary.ru>


<http://library.vlsu.ru/>

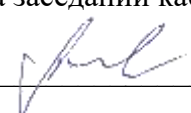
## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

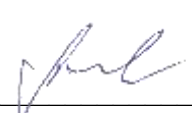
Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.* Практические работы проводятся в аудиториях 411-2 и 416-2.



Рабочую программу составил Ланцов Владимир Николаевич, профессор 

Рецензент  
(представитель работодателя)  Генеральный директор ООО "Диаграмма" Протягов И.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ и СУ  
Протокол № 1 от 31 августа 2021 года  
Заведующий кафедрой Ланцов В.Н. 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 09.04.01 информатика и  
вычислительная техника  
Протокол № 1 от 31 августа 2021 года  
Председатель комиссии Ланцов В.Н. зав. каф. ВТиСУ 

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 29.08.22 года

Заведующий кафедрой  Кузнецов К.В.

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_