

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



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по  
научной и инновационной работе

В.Г.Прокошев

« 05 » ИЮЛЯ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Математические методы теории систем»

Направление подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) подготовки «Системы автоматизации проектирования»

Уровень высшего образования Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения Очная

Год обучения	Трудоемкость зач. ед., час	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час	СРА, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
2	2 / 72	20	4	-	48	зачет

Владимир 2015

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель** дисциплины состоит в обучении аспирантов математическим методам теории системного моделирования, необходимому при проектировании и исследовании технических и вычислительных систем.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Математические методы теории систем» относится к циклу дисциплин по выбору по направлению 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника» аспирантуры по направленности «Системы автоматизации проектирования».

Дисциплина основывается на следующих дисциплинах направления 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника» как «История и философия науки», «Информационные технологии в науке и образовании». Дисциплина является основой для освоения дисциплины «Системы автоматизации проектирования», а также является основой для выполнения диссертационной работы.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения программы аспирантуры у выпускника должны быть сформированы следующие компетенции:

способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3); готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

В результате изучения дисциплины «Математические методы теории систем» – обучающийся должен:

**ЗНАТЬ:** общие вопросы теории систем и базовые математические методы и подходы для анализа и моделирования технических объектов. Методы научных исследований, методы оптимизации.

**УМЕТЬ:** самостоятельно исследовать математические методы, готовить аналитические обзоры по заданным научным темам. Воспринимать математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания. Самостоятельно приобретать, развивать и применять знания для решения нестандартных задач, в том числе, в новой или незнакомой среде. Применять методы оптимизации при решении задач профессиональной деятельности.

**ВЛАДЕТЬ:** навыками работы с программными системами моделирования вычислительных систем и узлов, навыками работы с технической и справочной литературой через Интернет. Навыками проведения научных исследований, существующими методами и алгоритмами решения задач распознавания и обработки данных, существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математические методы теории систем» составляет 2 зачетных единицы, 72 час.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
			Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	СРА	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>Модели сложных систем</b>						
1.1	Описание моделей	2	2			4	Устный опрос
1.2	Макромоделирование	2	2			4	Устный опрос
1.3	Понижение порядка моделей	2	2	2		4	Устный опрос
2	<b>Понижение порядка моделей линейных систем</b>						
2.1	Общая характеристика проекционных методов. Метод и алгоритм Крылова	2	2			6	Устный опрос
2.2	Метод и алгоритмы сокращенной балансной реализации	2	2	2		8	Устный опрос
2.3	Метод разложения на основе сингулярных значений	2	2			6	Устный опрос
3	<b>Понижение порядка моделей нелинейных систем</b>						
3.1	Метод рядов Вольтерра	2	2			4	Устный опрос
3.2	Метод кусочно-линейной аппроксимации	2	4			4	Устный опрос
3.3	Метод кусочно-полиномиальной аппроксимации	2	2			8	Устный опрос
	<b>Итого:</b>		20	4	0	48	зачет

##### 4.1. Дидактический минимум разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Дидактический минимум
---	----------------------	-----------------------

1	Модели сложных систем	<p>Введение</p> <p><b>Модель</b>, <u>модели</u> для разных <u>уровней</u> представления, разных <u>областей</u> представления и разной <u>степени сложности</u>. Иерархия моделей. Макромодели. Проектировании систем «<u>сверху вниз</u>», процедура <u>синтеза</u>. <b>Методы понижения порядка модели</b> (Model Order Reduction, MOR).</p> <p>Модели в виде дифференциальных алгебраических</p>
---	-----------------------	---

№	Наименование раздела	Дидактический минимум
		<p>уравнений (ДАУ или обыкновенные дифференциальные уравнения, в частном случае).</p> <p>Сокращением порядка модели это генерация <u>более упрощенной</u> модели, которая отражает <u>наиболее важные</u> динамические свойства исходной полной модели.</p> <p>Под <u>моделью</u> будем понимать математическую модель, которая описывает поведение системы. Модель может быть линейной или нелинейной, непрерывной или дискретной по значениям, непрерывной или дискретной по времени, детерминированной или стохастической. Под «<u>более упрощенной</u>» моделью будем понимать модель, которая более эффективна по вычислительным затратам, а также имеет дополнительные свойства, такие как разреженность матриц, число параметров, число переменных состояний, корреляция среди переменных и т.д. Слова «<u>наиболее важными</u>» характеристики зависят от применений. Например, это может быть передаточная функция на базовых частотах для линейных систем с постоянными параметрами, форма колебания, стабильность, пассивность и т.д.</p>

2	Понижение порядка моделей линейных систем	<p>Два класса методов MOR: методы на основе проекций (проекционные методы) и не проекционные методы.</p> <p>Проекционные методы.</p> <p>Идея проекции высокоразмерной задачи (размерность <math>N</math>) в новое подпространство, которое эффективно согласуется с исходным описанием, но значительно меньше по размерности (размерность <math>N_r</math>, <math>N \gg N_r</math>).</p> <p>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. Два основных недостатков. Метод ограниченной балансной реализации (truncated balanced realization, TBR) в теории управления. Идеи управляемости и наблюдаемости (различимости) (controllability and observability). Граммианы и уравнения Ляпунова.</p> <p>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).</p>
<b>№</b>	<b>Наименование раздела</b>	<b>Дидактический минимум</b>
3	Понижение порядка моделей нелинейных систем	<p>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 сходимость.</p> <p>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.</p>

### 4.3. Практические занятия

Изучение материала курса реализуется в виде лекций, практических занятий и самостоятельной работы аспирантов. На практических занятиях преподавателем задается одна из тем в области современных математических методов теории систем и в интерактивной форме с аспирантами проводится обсуждение данной проблемы. На большинстве практических

занятиях преподавателем заранее задается тематика следующих практических занятий. В этом случае аспиранты готовят сообщение (самостоятельная работа), а на практических занятиях идет групповое интерактивное обсуждение, где преподаватель направляет тематику обсуждения в русло самых передовых технологий на данный момент времени. Каждое практическое занятие чаще всего включает две части, первая имеет форму семинарских занятий, а вторая - форму круглого стола, на котором тема занятия обсуждается в виде дискуссии.

Темы практических занятий:

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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности аспирантов для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций:

- Самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- Закрепление теоретического материала при проведении практических занятий с использованием интерактивных форм обучения.

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий и организации внеаудиторной работы.

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

### **6.1. Самостоятельная работа аспирантов**

**Целью самостоятельной работы** являются формирование личности аспиранта, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня. Темы самостоятельной работы:

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

### **6.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

- а) оценка работы аспиранта на практических занятиях.
- б) список вопросов для устного опроса: **Вопросы**

**опроса**

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).

### **6.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

#### **Вопросы зачета**

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

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Основная литература

1. Математические методы и модели исследования операций [Электронный ресурс] : Учебник / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. - 6-е изд. - М. : Дашков и К, 2016. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394026102.html>
2. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости [Электронный ресурс] / Ильин А.В., Емельянов С.В., Коровин С.К., Фомичев В.В., Фурсов А.С. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115445.html>
3. Дискретная оптимизация. Модели, методы, алгоритмы решения прикладных задач [Электронный ресурс] / Струченков В.И. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2016. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913591814.html>

### 7.2. Дополнительная литература

4. Теория систем и системный анализ [Электронный ресурс] / Вдовин В.М. - М. : Дашков и К, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394000768.html>
5. Методы оптимальных решений. В 2т. Т. 1 [Электронный ресурс] / Соколов А.В., Токарев В.В. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113991.html>
6. Методы оптимальных решений. В 2т. Т. 2 [Электронный ресурс] / Токарев В.В. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114004.html>
7. "Математические методы и модели в теории информационно-измерительных систем [Электронный ресурс] / В.М. Буренок, В.Г. Найденков, В.И. Поляков; редкол. серии: В.В. Панов (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 2011. - (Справ. б-ка разработчика-исследователя)." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756086.html>
8. Основы теории игр [Электронный ресурс] : учебное пособие / Колобашкина Л.В. - 3-е изд., испр. и доп. (эл.). - М. : БИНОМ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323654.html>

### 7.3. Программное и коммуникационное обеспечение

Программное обеспечение MATLAB.


## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Средства вычислительной техники и демонстрационное оборудование

Практические занятия проводятся в аудиториях кафедры ВТ (411-2, 416-2), оснащенные мультимедиа проекторами. При выполнении самостоятельной работы по освоению дисциплины студенты имеют возможность работать в компьютерном классе кафедры ВТ с

выходом в сеть Интернет (ауд. 412-2), используя лицензионное прикладное и системное программное обеспечение, а также доступ к электронным изданиям.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника» и направленности «Системы автоматизации проектирования».

Рабочую программу составил д.т.н., профессор кафедры ВТ  В.Н. Ланцов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Вычислительная техника от 03.06.2015 года, протокол № 9.

Заведующий кафедрой ВТ  В. Н. Ланцов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника» и направленности «Системы автоматизации проектирования».

Протокол № 2 от 3.06.2015 года

Председатель комиссии  В.Н. Ланцов

Рабочая программа переутверждена на 2015/16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 4.09.15 года

Заведующий кафедрой  \_\_\_\_\_

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 9.01.16 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 2017/18 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 4.01.17 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 2018/19 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 14.01.18 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_