

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

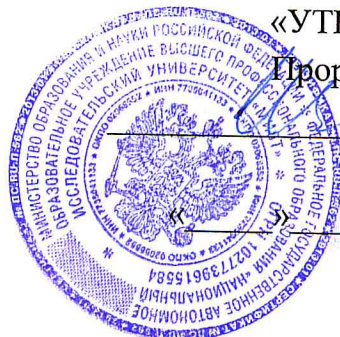
Дата подписания: 04.09.2023 10:55

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf735f1576d76c8ff9ba852b8d603

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский университет «МИЭТ»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по УР

И.Г.Игнатова

2014г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ»**

**Направления подготовки**

**27.04.04 «Управление в технических системах»**

**Программа «Автоматизация и управление в технических системах»**

квалификация выпускника

**«магистр»**

курс

**1**

семестр

**1**

общая трудоемкость

**4 зет**

форма обучения

**очная**

Москва, 2014г.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции образовательной программы	Компетенции/подкомпетенции, формируемые в дисциплине
27.04.04 «Управление в технических системах» Программа «Автоматизация и управление в технических системах»	
ПК-2 - способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки	ПК-2.1 - способность разрабатывать математические модели исследуемых объектов и процессов с использованием современных теоретических и экспериментальных методов

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Математическое моделирование объектов и систем моделирования» входит в базовую часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной дисциплиной для обучающегося.

## 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕТ)	Общая трудоёмкость (часов)	Контактная работа			Самостоятельная работа	Вид промежуточной аттестации (Экз (36), За, ЗаО, КР, КП)
				лекции	лабораторные работы	практические занятия (семинары)		
1	1	4	144	16	-	32	60	Экз (36)
<b>ИТОГО:</b>		<b>4</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>60</b>	<b>36</b>

## 4. Содержание дисциплины

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	лекции	лабораторные работы	практические занятия (семинары)		
М1. Векторные преобразования и их временное и операторное представление.	8	-	16	27	Контрольная работа
					Рубежный контроль

М2. Замкнутые системы с векторными преобразованиями.	8	-	16	33	Контрольная работа
					Тестовый опрос
					Комплексное задание

#### 4.1 Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
М1	1	2	<b>Векторные преобразования.</b> Введение, терминология. Понятие вектора, его представление, вращающаяся система координат, неподвижная система координат. Проекция векторов на подвижную и неподвижную системы координат, основные алгебраические свойства.
	2	2	<b>Представление векторных величин как гармонических сигналов.</b> Введение системы координат, работа с проекциями вектора, определение полярной системы координат, параметрическое задание функций, симметричные системы векторов, ортогональные.
	3	2	<b>Преобразование из симметричной системы векторов в ортогональную.</b> Преобразование из трёхфазной системы векторов в двухфазную ортогональную в общем виде. Преобразование Кларке. Общие сведения о методе симметричных компонент, прямая, обратная и нулевая последовательности.
	4	2	<b>Преобразования Парка-Горева.</b> Преобразование из ортогональной системы в скалярные величины – проекции на синхронно вращающуюся систему координат, понятие обобщённого вектора. Задание начальных условий, начальная фаза. Опорный ортогональный сигнал. Прямое и обратное преобразование Парка-Горева. Линейность каскада прямого и обратного преобразований и его основные свойства. Появление второй гармоники в каналах прямой и квадратурной составляющих при отсутствии ортогональности преобразуемого сигнала
М2	5	2	<b>DQ-преобразование в операторной форме.</b> Использование преобразования Лапласа для построения двумерного двусвязного преобразования Парка-Горева в спектрально-операторной форме. Прямое и обратное преобразование в операторной форме. Представление в операторной форме каскада преобразований Кларке и Парка-Горева для трёхфазных систем.
	6	2	<b>Свойства динамических звеньев в каналах DQ прямой и квадратурной составляющих.</b> Основные элементы САП по переменному току. Анализ

			передаточных функций регуляторов по прямой и квадратурной составляющей в каскаде прямого и обратного преобразования Парка-Горева. Наличие комплексно-частотных полюсов передаточных функций по основной гармонике и кратным частотам. Выделение ядра при наличии регулятора в каналах DQ, определение резонансного регулятора. Анализ замкнутых САР с резонансным регулятором конечной и бесконечной добротности.
	7	2	<b>Системы с нулевой ошибкой по синусоидальному сигналу.</b> Анализ простейшей симметричной ортогональной системы регулирования по прямой и квадратурной составляющей при наличии интеграторов в каналах DQ. Взаимосвязь между переменным сигналом задания и заданием постоянных уровней в каналах управления D и Q. Доказательство астатической обработки задания амплитуды и фазы в установившемся режиме. Анализ устойчивости замкнутых САР по переменному току, построение АЧХ, ФЧХ, устранение полюсов в точке основной частоты и её гармоник. Эквивалент DQ-преобразования с ПИ-регулятором в спектрально-операторной форме.
	8	2	<b>Динамика замкнутых САР с векторным управлением.</b> Построение годографов при варьировании параметров регуляторов или объекта управления, наличие перекрёстных обратных связей, методы устранения второй гармоники в каналах управления, симметричные компоненты и методы их разделения в DQ, синтез режекторного фильтра второго порядка, переходные процессы и частотные характеристики в системах регулирования по переменному току и наличием не симметрии в каналах управления. Перекрёстные обратные связи.

#### 4.2 Лабораторные занятия

Не предусмотрены

#### 4.3. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практические занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
М1	1	2	<b>Векторные преобразования и их реализация в системе Maple.</b>
	2	2	<b>Векторные диаграммы.</b> Представление векторных величин как гармонических сигналов, построение графиков во временном и параметрическом виде.
	3	2	<b>Преобразование Кларке.</b> Преобразование из симметричной системы векторов в ортогональную в общем виде, решение системы уравнений преобразования, доказательство множества решений, введение нулевой последовательности для обеспечения единственности решения.
	4	2	<b>Прямое и обратное преобразования Парка-Горева.</b>

	5	2	<b>Преобразование Лапласа от произведения гармонического сигнала на произвольную функцию.</b> Исследование преобразования Лапласа от произведения синуса и косинуса на произвольную функцию от времени.	
	6	2	<b>DQ-преобразование в операторной форме.</b> Составление уравнений для разомкнутой системы, представляющей собой последовательность преобразований из трёхфазной системы в ортогональную (Кларке), из ортогональной вращающейся системы векторов в проекции на синхронно вращающийся базис (Парка-Горева).	
	7	2	<b>Спектр амплитудно-модулированного сигнала.</b> Исследование спектра сигнала, содержащего модулирующий и опорные синусоидальные сигналы. Амплитудная модуляция, биения.	
	8	2	<b>Поворот вектора в операторной форме.</b> Исследование оператора поворота с примером в численном и аналитическом виде.	
	M2	9	2	<b>Выделение прямой, обратной и нулевой последовательностей из сигнала в операторной форме.</b> Задание произвольного трёхфазного сигнала в операторной форме, задание операторов поворота и выделение прямой, обратной и нулевой последовательностей.
		10	2	<b>Свойства DQ-преобразования в операторной форме.</b> Рассматривается операторное выражение для выходного сигнала в операторном виде, исследуются его частотные характеристики – АЧХ, ФЧХ. Производится построение временных диаграмм. Аналогично, задаются постоянные воздействия для каналов прямой и квадратурных составляющих (D и Q), производится обратное преобразование Парка-Горева и обратное преобразование Кларке.
		11	2	<b>Динамические звенья в каналах прямой и квадратурной составляющих.</b> Составление уравнений для системы, состоящей из прямого преобразования Парка-Горева с наличием звена первого порядка в общем виде (в частном случае – ПИ-регулятор) в каналах DQ, с управляющим воздействием (сигнал задания на D и Q), обратное преобразование Парка-Горева.
		12	2	<b>Резонансное звено с бесконечной добротностью как эквивалент DQ-преобразования.</b> Составление передаточной функции данного звена с двумя сигналами задания и перекрёстными связями по каналам D и Q, анализ полученных результатов, построение частотных характеристик. Выделение ядра DQ-преобразования в операторной форме. Представление резонансного регулятора, его частотные и временные свойства.
13		2	<b>Системы с нулевой ошибкой по синусоидальному сигналу.</b> Анализ двумерной системы регулирования по прямой и квадратурным составляющим объектом управления, представляющим собой передаточную функцию первого порядка в виде ФНЧ с заданной постоянной времени.	
14		2	<b>Влияние отклонения от ортогональности.</b> Представление двух идентичных составляющих объекта	

			управления и регулятора в каналах прямой и квадратурной составляющих. Влияние отклонения параметров.
	15	2	<b>Динамика замкнутых САР с векторным управлением.</b> Представление объекта управления в виде трёх управляемых источников ЭДС и активно-индуктивной нагрузки, с ПИ регулятором в каналах dq.
	16	2	<b>Многосвязные и многомерные объекты.</b> Уравнения в операторной форме. Системы уравнений регулятора в операторной форме. Перекрёстные обратные связи.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
М1	4	Текущая проработка теоретического материала (изучение учебного материала по конспектам лекций, литературным источникам и составление конспекта, развернутого плана).
	6	Подготовка к рубежному контролю.
	5	Подготовка к контрольной работе.
	12	Подготовка к практическим занятиям.
М2	4	Текущая проработка теоретического материала (изучение учебного материала по конспектам лекций, литературным источникам и составление конспекта, развернутого плана).
	4	Подготовка к тестированию.
	5	Подготовка к контрольной работе.
	8	Подготовка и выполнение комплексного задания
	12	Подготовка к практическим занятиям.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

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

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1. Векторные преобразования и их временное и операторное представление.

1. Теоретический материал по модулю 1.
2. Задания для СРС по модулю 1.
3. Список литературы.

Модуль 2. Замкнутые системы с векторными преобразованиями.

1. Теоретический материал по модулю 2.
2. Задания для СРС по модулю 2.
3. Список литературы.

## **6. Перечень учебной литературы**

### **Основная литература**

1. Певзнер Л.Д. Практикум по математическим основам теории систем [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Л. Д. Певзнер. - СПб. : Лань, 2013. - 400 с. -
2. Коновалов Б.И. Теория автоматического управления [Текст] : Учеб. пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - 3-е изд., доп. и перераб. - СПб. : Лань, 2010. - 224 с.

### **Дополнительная литература**

1. Анатолий Гайдук Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (полиномиальный подход). ФИЗМАТЛИТ. 2012 г. 360 с
2. Вороненко Б.А., Крысин А.Г., Пеленко В.В., О.А. Цуранов Введение в математическое моделирование - Санкт-Петербург: СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. - 44 с.

### **Периодические издания**

1. Журнал «Автоматика и телемеханика»
2. Журнал «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика»
3. Журнал «Известия вузов. Приборостроение»
4. Реферативные журналы ВИНТИ
5. Журнал «Проблемы теории и практики управления»

## **7. Перечень ресурсов сети «интернет»**

1. ОРОКС – <http://orioks.miet.ru/oroks-miet/srs.shtml>
2. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» - [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <http://elibrary.ru>
4. ЭБС издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>
5. <http://www.fizmat.vspu.ru/books/mapletut/index.html> - краткое пособие по Maple. ВГПУ – 2003. Приведены примеры для работы с системой, представленные шаг за шагом с иллюстрациями работы.
6. <http://www.exponenta.ru/soft/maple/maple.asp> - раздел ресурса «Экспонента»,

посвящённый Maple. Приводится список литературы, учебники, примеры программ.

7. <http://detc.usu.ru/Assets/aMATH0011/soder.htm> - ресурс УГТУ (ЦДО) по системе Maple. Приводится информация о базовых возможностях Maple версии 5. Представлены основные функции для работы с системой, достаточные для начального изучения разделов математики, необходимых для курса моделирования систем.

8. <http://maple.plusby.com/index.html> - иллюстрированный самоучитель в Maple версии 7. Кратко представлены основные возможности системы. Внимание уделяется работе с панелями инструментов.

9. <http://e-sab.narod.ru/Student/sysan.htm> – сайт, на котором можно найти информацию и скрипты Matlab по динамическому программированию, системному анализу и идентификации систем.

### **8. Перечень информационных технологий**

1. Операционные системы Windows XP.
2. Стандартные офисные программы, Microsoft office: Word 2007.
3. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>).
4. Программа PowerPoint для создания и демонстрации презентаций, используемых при проведении занятий и для самостоятельной работы

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения лекционных занятий с мультимедийным оборудованием.

При проведении практических занятий используется специализированная лаборатория кафедрального уровня, оснащенная IBM PC – совместимыми ПК на которых установлены операционные системы MS Windows XP.

Помещения для самостоятельной работы студентов, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет, а также занятия в читальном зале библиотеки, где имеются литература как на бумажном носителе, так



## 10. Активные и интерактивные формы проведения занятий

№ п/п	Тип занятия или внеаудиторной работы	Вид и тематика (название) интерактивного занятия
1	Лекция 1,4,5	Задание для группы в интерактивной форме по написанию скрипта в режиме «задание на доске» - ответ на компьютере
2	Практика 1-16	Проводится полностью в интерактивном формате с написанием команд и их сокращений на доске и действием за компьютером в форме заданий и вопросов, касающихся темы практического занятия.

## 11. Фонд оценочных средств для проверки сформированности компетенций

№ п/п	Тип ФОС*	Код компетенции/подкомпетенции	Перечень элементов ФОС
1	ФОС по подкомпетенции	ПК-2.1 - способнос разрабатывать математическ модели исследуемых объектов процессов с использованием современных теоретических экспериментальных методов	Контрольная работа Тестовый опрос Рубежный контроль Комплексное задание

\* ФОС по компетенции; ФОС по подкомпетенции; ФОС по элементам компетенции

## 12. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 12.1. Особенности организации процесса обучения

Посещение лекций и лабораторных работ обязательно. Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором и преподавателем, ведущим семинарские занятия, еженедельно. Их посещают студенты, желающие получить дополнительные знания и умения по предмету дисциплины, а также те, кому необходимо сдать пропущенные контрольные мероприятия.

Совокупность организационных мероприятий по управлению процессом усвоения компетенции дисциплины включает как структурирование содержания дисциплины так и текущий контроль уровня формирования компетенции студентами в рейтинговых баллах.

Дисциплина «Математическое моделирование объектов и систем управления» состоит из двух модулей:

1. Векторные преобразования и их временное и операторное представление..
2. Замкнутые системы с векторными преобразованиями.

Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

Для организации учебной работы студентов в начале каждого семестра предоставляются следующие учебно-методические материалы:

- план лекций на семестр с указанием тем лекций;
- график выполнения лабораторных работ;
- график и виды контрольных мероприятий;
- список рекомендуемой учебно-методической литературы;
- рекомендуемые электронные ресурсы, включая «Электронные модули индивидуальной работы студентов» (ЭМИРС), размещенные в сети МИЭТ (<http://orioks.miet.ru/oroks-miet/srs.shtml>).

## 12.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

### Структура и график контрольных мероприятий

0	ДЗ.1	Домашнее задание	4	2	3
0	ДЗ.2	Домашнее задание	4	2	4
0	ДЗ.3	Домашнее задание	4	2	6
0	ДЗ.4	Домашнее задание	4	2	7
0	ДЗ.5	Домашнее задание	4	2	8
0	КР.1	Контрольная работа	6	3	8
0	П.1	Посещаемость	2	1	8
0	ДЗ.6	Домашнее задание	4	2	9
0	РК.1	Рубежный контроль	6	3	10
0	ДЗ.7	Домашнее задание	4	2	12
0	П.2	Посещаемость	2	1	12
0	ДЗ.8	Домашнее задание	4	2	13
0	КР.3	Контрольная работа	6	3	14
0	Т.1	Тест	4	2	16
0	П.3	Посещаемость	2	1	16
Экзамен			40	20	
Сумма			100	50	

При достижении обучающимся рейтинга от 51 до 100 баллов включительно при условии выполнения им всех видов контрольных мероприятий и посещения не менее половины лекционных занятий он признается освоившим курс обучения по дисциплине, что фиксируется в виде промежуточной оценки работы в семестре «экзамен».

Дополнительные сведения о системе контроля.

Мониторинг успеваемости студентов проводится в течение семестра трижды: по итогам 1-8 учебных недель, 9 – 12 учебных недель, 13 – 16 (16-я неделя зачетная).

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

**РАЗРАБОТЧИК:**

к.т.н., доцент каф. САУиК



Т.Ю.Жораев

Рабочая программа разработана на кафедре САУиК и утверждена на заседании кафедры  
«Систем автоматического управления и контроля» (САУиК)

«21» мая 2014г.

Заведующий кафедрой



/А.В.Щагин/

Протокол № 11

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с УООП

/ Начальник УООП



И.М.Никулина

