

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор института-заместитель  
директора ФАКТ**

**М.А. Кудров**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Цифровая обработка сигнала и теория управления
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Программная инженерия
	передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии
	кафедра технологий проектирования сложных технических систем
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.С. Королёв

Программа обсуждена на заседании кафедры технологий проектирования сложных технических систем  
09.04.2024

## Аннотация

Предлагаемый курс охватывает две области: теорию управления и цифровую обработку сигналов. В части теории управления курс сосредоточен в основном на матричных методах, которые являются основой для современных методов в линейной теории управления. В части цифровой обработки сигналов предлагаемый курс отражает все те темы, которые представлены в аналогичных курсах. Первый семестр посвящен описанию и анализу непрерывных и дискретных линейных динамических систем, представленных в виде передаточных функций. Второй семестр направлен на переход к матричным методам описания, включая некоторые методы синтеза. Это даёт возможность основательно изложить теорию случайных процессов и методы частотного анализа.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- знакомство студентов кафедры Технологии проектирования сложных технических систем с основами классической теории управления, статистической теории управления и цифровой обработки сигналов, а также пополнение багажа знаний и умений студентов теоретическими и вычислительными методами обозначенных разделов теории управления.

#### Задачи дисциплины

- укрепление фундаментальных знаний студентов, полученных на общефакультетских курсах по математике и физике, и подготовка студентов кафедры к курсам «Основы проектирования сложных технических систем» и «Основы построения систем вооружения ВКО».

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- язык классической и статистической теорий управления; роль физико-математического моделирования в задачах анализа и проектирования управляемых технических систем; место цифровой обработки сигналов в задачах управления.

уметь:

- составлять математические динамические модели технических систем, анализировать их теоретическими и численными методами, проектировать фильтры и регуляторы.

владеть:

- средствами численного моделирования динамических систем, анализа и синтеза фильтров и регуляторов.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Описание динамической системы в пространстве состояний для непрерывных и дискретных систем. Управляемость и наблюдаемость	4	4		4
2	Управление обратной связью по вектору состояния. Синтез методом назначения полюсов	4	4		4
3	Наблюдатель Люенбергера. Разделение задачи регулирования на наблюдение вектора состояния и управление по нему	4	4		4
4	Методы статистического анализа и оценка точности линейных систем	4	6		6
5	Оптимальное статистическое управление: фильтр Калмана и LQR-регулятор. LQG-регулятор. Уравнения Ляпунова и Риккати	4	4		4
6	Непрерывное Фурье преобразование, ряды Фурье, дискретное преобразование Фурье, преобразование Фурье дискретного времени	6	4		4
7	Оконные функции. Спектральный анализ: алгоритмы Барлета и Велча.	4	4		4
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

1. Описание динамической системы в пространстве состояний для непрерывных и дискретных систем. Управляемость и наблюдаемость

Описание динамической системы в пространстве состояний. Связь с описанием передаточными функциями. Управляемость и наблюдаемость динамических систем.

## 2. Управление обратной связью по вектору состояния. Синтез методом назначения полюсов

Регулирование обратной связью по полному вектору состояния. Метод назначения полюсов. Формула Аккермана.

## 3. Наблюдатель Люенбергера. Разделение задачи регулирования на наблюдение вектора состояния и управление по нему

Наблюдатель Люенбергера. Разделение задачи регулирования на наблюдение вектора состояния и управление по нему.

## 4. Методы статистического анализа и оценка точности линейных систем

Статистический анализ и оценка точности линейных систем. Соотношения между математическими ожиданиями и корреляционными функциями входа и выхода. Преобразование стационарной случайной функции стационарной линейной системой. Соотношения между спектральными плотностями. Корреляционная система уравнений.

## 5. Оптимальное статистическое управление: фильтр Калмана и LQR-регулятор. LQG-регулятор. Уравнения Ляпунова и Риккати

Задача оптимального оценивания. Фильтр Калмана. Принцип разделения задачи управления на оценивание и формирование обратной связи. Линейно-квадратичное гауссовское управление и его робастность.

## 6. Непрерывное Фурье преобразование, ряды Фурье, дискретное преобразование Фурье, преобразование Фурье дискретного времени

Различные типы преобразований Фурье, связь между ними во временной и частотной областях.

## 7. Оконные функции. Спектральный анализ: алгоритмы Барлета и Велча.

Различные оконные функции и их свойства. Алгоритмы спектрального анализа: Барлета и Велча.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор или плазменная панель), доской.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Теория автоматического управления [Текст] : в 2 т. : учеб. пособие для вузов : доп. М-вом образования Рос. Федерации. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д. П. Ким .— М. : Физматлит, 2004 .— 464 с.

### Дополнительная литература

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

на лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общими понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные понятия и утверждения теории передачи сигналов, основные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов.

Успешное освоение курса требует напряженной самостоятельной работы студента. В программе курса отведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам занятий, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, решение задач;
- подготовка к дифференцированному зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к лектору.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Программная инженерия передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра технологий проектирования сложных технических систем
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	В.С. Королёв

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Цифровая обработка сигнала и теория управления» обучающийся должен:

### знать:

- язык классической и статистической теорий управления; роль физико-математического моделирования в задачах анализа и проектирования управляемых технических систем; место цифровой обработки сигналов в задачах управления.

### уметь:

- составлять математические динамические модели технических систем, анализировать их теоретическими и численными методами, проектировать фильтры и регуляторы.

### владеть:

- средствами численного моделирования динамических систем, анализа и синтеза фильтров и регуляторов.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Классификация типовых звеньев. Примеры.
2. Показатели качества переходного процесса. Доминирующие корни
3. Логарифмические характеристики звена.
4. Частотные характеристики звена.
5. Временные характеристики звена.
6. Критерий Найквиста.
7. Замкнутая и разомкнутая САУ. Передаточные функции.
8. Точность САУ. Статические и астатические системы. Коэффициенты ошибок
9. Определение устойчивости по логарифмическим характеристикам.
10. Критерий Найквиста для нейтральных систем.
11. Основные понятия ТАУ (понятие САУ, принципы управления, алгоритмы функционирования).
12. Точность САУ. Коэффициенты ошибки.

13. Динамическое звено, его свойства и временные характеристики. Пример.
14. Метод назначения полюсов в задаче синтеза САУ. Запасы устойчивости. Пример.
15. Различные способы описания систем со множеством входов-выходов, связь между ними. Пример.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Статистическое описание случайных явлений. Функции распределения.
2. Вывод уравнения связи спектральных плотностей входа и выхода линейной системы.
3. Классификация случайных процессов. Стационарные и эргодические процессы.
4. Вывод корреляционной системы уравнений.
5. Математическое ожидание, дисперсия и корреляционная функция скалярных и векторных случайных процессов.
6. Белый шум. Формирующий фильтр.
7. Корреляционная функция, дисперсия, спектральная плотность стационарных скалярных случайных процессов.
8. Вывод интегральных уравнений связи статистических характеристик входа и выхода линейной системы.
9. Статистические характеристики случайных процессов.
10. Классификация случайных процессов. Стационарные и эргодические процессы.
11. Белый шум. Формирующий фильтр.
12. Вывод корреляционной системы уравнений.
13. Корреляционная функция, дисперсия, спектральная плотность стационарных скалярных и векторных случайных процессов.
14. Сравнительная характеристика методов статистического анализа точности линейных систем.
15. Статистическое описание случайных явлений. Функции распределения.

#### **Критерии оценивания**

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.



Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.