

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

---

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИКНК  
\_\_\_\_\_ Д.П. Зегжда  
«17» июня 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Математические методы синтеза сложных информационных систем»**

Разработчик	Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем
Направление (специальность) подготовки	09.03.02 Информационные системы и технологии
Наименование ООП	09.03.02_02 Информационные системы и технологии
Квалификация (степень) выпускника	<b>бакалавр</b>
Образовательный стандарт	<b>СУОС</b>
Форма обучения	<b>Очная</b>

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_ А.А. Ефремов

«26» марта 2024 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания

высшей школы "ВШКТиИС"

от «26» марта 2024 г. № 1

РПД разработал:

Ассистент Г.А. Рябов

## 1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

### Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Математические методы синтеза сложных информационных систем» – освоение основных методов анализа и синтеза сложных информационных систем, приобретение навыков использования методов синтеза управлений на основе проекционных операторов.

### Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ПК-2	Способен проводить исследования информационных средств и систем автоматизации и управления
ИД-1 ПК-2	Исследует информационные системы автоматизации и управления

### Планируемые результаты изучения дисциплины

#### знания:

- Владеет знаниями для исследования средств и систем автоматизации и управления различного назначения

#### умения:

- Умеет исследовать системы автоматизации и управления

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Математические методы синтеза сложных информационных систем» не связана ни с одним модулем учебного плана.

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Высшая математика
- Введение в профессиональную деятельность

### 3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

#### 3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	30
Практические занятия	14
Самостоятельная работа	37
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Общая трудоемкость освоения дисциплины	108, ач
	3, зет

#### 3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Текущий контроль	
Расчетно-графические работы, шт.	1
Промежуточная аттестация	
Экзамены, шт.	1

### 4. Содержание и результаты обучения

#### 4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма		
		Лек, ач	Пр, ач	СР, ач
1.	Математические методы синтеза сложных информационных систем			
1.1.	Классификация математических моделей объектов и систем	2	1	3

1.2.	Линейные уравнения вход-выход и уравнения вход-состояние-выход	2	1	3
1.3.	Кусочно-линейные операторы дискретных объектов и систем управления	4	2	3
1.4.	Разностные схемы для кусочно-линейных дифференциальных операторов систем	4	2	4
1.5.	К синтезу управлений в пространствах функций, интегрируемых с квадратом	4	2	4
1.6.	Интервальная оптимизация управлений динамическим объектом на основе проекционных операторов	4	1	4
1.7.	Анализ устойчивости на основе метода В.М. Матросова для векторных функций Ляпунова	2	1	4
1.8.	Оценки Н.Н. Красовского в методе В.М. Матросова для диагональных и недиагональных блоков	2	1	4
1.9.	Разностные негладкие операторы с проекционными управлениями и условия их устойчивости на основе принципа сжимающих отображений	4	2	4
1.10.	Математическая модель хаотической динамики энергосистемы с запаздыванием управлений	2	1	4
<b>Итого по видам учебной работы:</b>		30	14	37
Экзамены, ач				16
<b>Часы на контроль, ач</b>				16
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>		11		
<b>Общая трудоёмкость освоения: ач / зет</b>		108 / 3		

## 4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
<b>1. Математические методы синтеза сложных информационных систем</b>	
<b>1.1. Классификация математических моделей объектов и систем</b>	Непрерывные и дискретные САУ. Модели вход-выход. Модели вход-состояние-выход. Передаточные функции и матрицы. Частотные характеристики. Уравнение свертки. Связь различных типов моделей.
<b>1.2. Линейные уравнения вход-выход и уравнения вход-состояние-выход</b>	Модель вход-выход. Модель вход-состояние-выход. Переход от уравнения вход-выход к уравнениям вход-состояние-выход. Операторное уравнение. Характеристический полином. Резольвента матрицы. Лемма о вычислении резольвенты. Переход от модели вход-состояние-выход к модели вход-выход для линейных непрерывных и дискретных систем.
<b>1.3. Кусочно-линейные операторы дискретных объектов и систем управления</b>	Дискретные системы. Формула Коши для конечно-разностных уравнений. Переход от непрерывной модели к дискретной модели
<b>1.4. Разностные схемы для кусочно-линейных дифференциальных операторов систем</b>	Дискретные системы. Формула Коши для конечно-разностных уравнений. Разностные схемы для кусочно-линейных дифференциальных операторов систем
<b>1.5. К синтезу управлений в пространствах функций, интегрируемых с квадратом</b>	Пространство функций. Формула Коши. Преобразование подобия. Жорданова каноническая форма. Клетки «ящика» Жордана.
<b>1.6. Интервальная оптимизация управлений динамическим объектом на основе проекционных операторов</b>	Метод множителей Лагранжа. Проекционные операторы. Синтез управлений на основе проекционных операторов.
<b>1.7. Анализ устойчивости на основе метода В.М. Матросова для векторных функций Ляпунова</b>	Введение в проблему и постановка задач анализ устойчивости на основе метода В.М. Матросова для векторных функций Ляпунова
<b>1.8. Оценки Н.Н. Красовского в методе В.М. Матросова для диагональных и недиагональных блоков</b>	Система сравнения как система оценок норм диагональных и недиагональных подсистем. Вычислительный эксперимент по анализу устойчивости энергосистем В.М. Матросова методом векторных функций Ляпунова.

<b>1.9. Разностные негладкие операторы с проекционными управлениями и условия их устойчивости на основе принципа сжимающих отображений</b>	Принцип сжимающих отображений. Вывод условий устойчивости на основе принципа сжимающих отображений. Применение метода сжимающих отображений для исследования устойчивости нелинейных систем.
<b>1.10. Математическая модель хаотической динамики энергосистемы с запаздыванием управлений</b>	Понятие хаоса. Аттрактор Лоренца. Модель хаотической динамики энергосистемы. Синтез стабилизирующих управлений.

## **5. Образовательные технологии**

В преподавании дисциплины используются преимущественно традиционные образовательные технологии: – лекции, – практические занятия. Кроме того, в рамках дисциплины предусмотрено выполнение расчётно графических работ, согласованных с курсом лекций и практических занятий с использованием материала всех разделов дисциплины. В качестве объектов исследования студенты используют математические модели реальных устройств. При выполнении всех этапов расчётно графических работ студент получает навыки проектирования реальных систем управления в рамках концепции "модели-анализ-синтез" с использованием компьютерных технологий. Примеры исследуемых процессов и устройств: 1. Управление частотой и активной мощностью энергетических объединений. 2. Управление летательным аппаратом в продольной плоскости. 3. Управление летательным аппаратом в боковой плоскости. 4. Управление перемещением считывающей головки дисководов. 5. Разработка и исследование системы управления горизонтальным положением паромов. При выполнении курсовых проектов требуется использование распространённого математического программного обеспечения (Excel, MathCAD).

## 6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

## 7. Практические занятия

№ раздела	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Классификация математических моделей объектов и систем. Непрерывные и дискретные САУ. Модели вход-выход. Модели вход-состояние-выход. Передаточные функции и матрицы. Частотные характеристики. Уравнение свертки. Связь различных типов моделей.	1
2.	Анализ переходных процессов в линейных системах. Непрерывные САУ. Формула Коши. Преобразование подобия. Жорданова каноническая форма. Клетки «ящика» Жордана. Дискретные системы. Формула Коши для конечно-разностных уравнений. Переход от непрерывной модели к дискретной модели.	1
3.	Нелинейные математические модели объектов и систем с сосредоточенными параметрами. Операторы типовых кусочно-линейных звеньев. Кусочно-линейные дифференциальные уравнения и разностные уравнения. Обобщённые модели объектов и систем управления. Численные методы анализа переходных процессов.	1
4.	Основные понятия теории устойчивости. Устойчивость. Устойчивость по Ляпунову. Асимптотическая и экспоненциальная устойчивость. Уравнения возмущённого движения. Линеаризация. Уравнения первого приближения.	1
5.	Методы теории устойчивости, функции, теоремы и критерии Ляпунова. Стационарные точки. Положительно определённые и отрицательно определённые функции. Функции Ляпунова. Квадратичные функции. Полная производная по времени. Уравнение Ляпунова.	1
6.	Корневые критерии устойчивости. Корневые критерии устойчивости, асимптотической устойчивости, экспоненциальной устойчивости непрерывных и дискретных систем.	1

7.	Синтез локально-оптимальных дискретных систем. Уравнения замкнутых локально-оптимальных систем. Задача математического программирования. Задача с ограничениями. Лемма о минимизации линейных и квадратичных функционалов. Анализ устойчивости локально-оптимальных систем. Сжимающее отображение.	1
8.	Синтез оптимальных стабилизирующих управлений. Постановка задачи. Функционал. Уравнение Беллмана. Синтез оптимального управления. Уравнения Риккати.	1
9.	Управляемость объектов и систем. Управляемость динамической системы. Ранговый критерий Калмана.	1
10.	Интервальная оптимизация управлений динамическим объектом на основе проекционных операторов.	1
11.	Разностные негладкие операторы с проекционными управлениями и условия их устойчивости на основе принципа сжимающих отображений.	1
12.	Вычислительный эксперимент по анализу устойчивости энергосистем В.М. Матросова методом векторных функций Ляпунова.	1
13.	Оценки Н.Н. Красовского в методе В.М. Матросова для диагональных и недиагональных блоков; система сравнения как система оценок норм диагональных и недиагональных подсистем.	1
14.	Математическая модель хаотической динамики энергосистемы с запаздыванием управлений.	1
<b>Итого часов</b>		<b>14</b>

## 8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

В составе СРС включена творческая проблемно-ориентированная СРС, которая направлена на развитие обще культурных и профессиональных компетенций и повышение творческого потенциала студентов.



## Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
<b>Текущая СР</b>	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	5
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	5
самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	5
<b>Итого текущей СР:</b>	15
<b>Творческая проблемно-ориентированная СР</b>	
выполнение расчётно-графических работ	16
выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	6
работа над междисциплинарным проектом	0
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	0
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	0
<b>Итого творческой СР:</b>	22
<b>Общая трудоемкость СР:</b>	37

## 9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 9.1. Адрес сайта курса

<http://saiu.ftk.spbstu.ru>

## 9.2. Рекомендуемая литература

### Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Козлов В.Н., Куприянов В.Е., Шашихин В.Н. Теория автоматического управления: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.	2008	ИБК СПбПУ
2	Козлов В.Н. Негладкие системы, операторы оптимизации и устойчивость энергообъединений: Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. URL: <a href="http://elib.spbstu.ru/dl/2/si20-851.pdf">http://elib.spbstu.ru/dl/2/si20-851.pdf</a>	2012	ЭБ СПбПУ

### Дополнительная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Шашихин В.Н. Современные проблемы теории автоматического управления: Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. URL: <a href="http://elib.spbstu.ru/dl/2/i17-208.pdf">http://elib.spbstu.ru/dl/2/i17-208.pdf</a>	2017	ЭБ СПбПУ

### Ресурсы Интернета

1. [Электронный ресурс] Козлов В.Н. Негладкие системы, операторы оптимизации и устойчивость энергообъединений: Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/si20-851.pdf>; <http://elib.spbstu.ru/dl/2/i17-208.pdf>

## 9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Программное обеспечение персональных компьютеров; информационное, программное и аппаратное обеспечение локальной компьютерной сети; информационное и программное обеспечение глобальной сети Internet.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс ПЭВМ с микропроцессором не ниже Core i3, объем ПЗУ не меньше 20-30 ГБ, объем ОЗУ не меньше 5120 МБ.

Математические пакеты MathCAD, MatLab, Mathematica

## **11. Критерии оценивания и оценочные средства**

### **11.1. Критерии оценивания**

Для дисциплины «Математические методы синтеза сложных информационных систем» формой аттестации является экзамен. Дисциплина реализуется с применением системы индивидуальных достижений.

#### **Текущий контроль успеваемости**

Максимальное значение персонального суммарного результата обучения (ПСРО) по приведенной шкале - 100 баллов

Максимальное количество баллов приведенной шкалы по результатам прохождения двух точек контроля - 80 баллов.

Подробное описание правил проведения текущего контроля с указанием баллов по каждому контрольному мероприятию и критериев выставления оценки размещается в СДО в навигационном курсе дисциплины.

#### **Промежуточная аттестация по дисциплине**

Максимальное количество баллов по результатам проведения аттестационного испытания в период промежуточной аттестации – 20 баллов приведенной шкалы.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с расписанием.

Результата промежуточной аттестации в форме “неудовлетворительно” заслуживает студент, не обнаруживший знание учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не справившийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой, допустивший погрешности в ответе на вопросы, не обладающий необходимыми знаниями для их устранения под

Результата промежуточной аттестации в форме “удовлетворительно” заслуживает студент, обнаруживший знание учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справившийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой, допустивший

погрешности в ответе на вопросы, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под

Результата промежуточной аттестации в форме “хорошо” заслуживает студент, обнаруживший полные знания учебно-программного материала, успешно выполнивший предусмотренные в программе

задания, усвоивший основную литературу, рекомендованной программой, показавший систематический

характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному дополнению и обновлению в ходе

дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;

Результата промежуточной аттестации в форме “отлично” заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно

выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с

дополнительной литературой, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь основных понятий

дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявивший творческие способности в

понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;

Результаты промежуточной аттестации, определяются на основе баллов, набранных в рамках применения, СИД

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
0 - 60 баллов	Неудовлетворительно/не зачтено
61 - 75 баллов	Удовлетворительно/зачтено
76 - 89 баллов	Хорошо/зачтено
90 и более	Отлично/зачтено

## 11.2. Оценочные средства

Оценочные средства по дисциплине представлены в фонде оценочных средств, который является неотъемлемой частью основной образовательной программы и размещается в электронной информационно-образовательной среде СПбПУ на портале etk.spbstu.ru

## **12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Кроме сведений, получаемых на занятиях, значительная часть необходимой информации приобретается студентами при использовании учебно-методической и справочной литературы в процессе самостоятельной работы над курсовыми проектами по индивидуальным тематическим заданиям, связанными с регулярной и нерегулярной динамикой нелинейных систем.

Обучение проводится с внедрением в учебный процесс математических пакетов MathCAD, MatLab, Mathematica

Компоновка дидактических единиц в лекциях осуществляется по функциональному принципу с представлением альтернативных формализаций моделирования инфокоммуникационных систем. Подготовка к текущим практическим занятиям выполняется в процессе самостоятельной работы студентов согласно методическим указаниям, представляемым преподавателем на предшествующих практических занятиях.

Особенностью учебного процесса по дисциплине является большое количество практических заданий и тестовых материалов в процессе обучения, предусмотренных программой, а также значительная трудоемкость выполнения и проверки этих заданий. Кроме сведений, получаемых на занятиях, значительная часть необходимой информации приобретается студентами при использовании учебно-методической и справочной литературы в процессе самостоятельной работы над индивидуальными тематическими заданиями.

## **13. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.