

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 24.10.2023 16:14:00
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«28» июня 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ПРОБЛЕМЫ СИНТЕЗА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

Направление подготовки

27.04.04 Управление в технических системах

Направленность программы бакалавриата

**Инновационные технологии контроля и управления технологическими объектами с
информационной неопределенностью**

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **автоматизации процессов химической промышленности**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.ДВ.02.02

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Ремизова О.А.

Рабочая программа дисциплины «Проблемы синтеза нелинейных систем» обсуждена на заседании кафедры автоматизации процессов химической промышленности протокол от «15» июня 2021 № 8
Заведующий кафедрой

Л.А. Русинов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления протокол от «23» июня 2021 № 9
Председатель

В.В. Куркина

СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление подготовки «Управления в технических системах»		И.В. Рудакова
Руководитель направления подготовки		Л.А. Русинов
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины.....	6
4.3. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Занятия семинарского типа.....	7
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	7
4.3.2. Лабораторные работы.....	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	9
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	12
10.1. Информационные технологии.....	12
10.2. Программное обеспечение.....	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	12
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	13
Приложение № 1.....	14

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-4 Способен ставить задачи управления нелинейными технологическими объектами, объектами с параметрической неопределенностью, предлагать методы и подходы к их решению, проектировать оригинальные компоненты программно-технического обеспечения АСУ	ПК-4.3 Применяет методы линейной и нелинейной теории для синтеза систем управления технологическими процессами	Знать: основные методы построения и математического описания нелинейных процессов химической технологии в статике и динамике (ЗН-1); Уметь: использовать подходы к реализации проблемно-ориентированных методов при решении нелинейных задач управления (У-1); Владеть: навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ (Н-1).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.02.02) и изучается на 1 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Основы информатики и вычислительной техники», «Высшая математика», «Теория автоматического управления» входящих в ООП бакалавриата по направлению 27.03.04. Полученные в процессе изучения дисциплины «Проблемы синтеза нелинейных систем» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	4/ 144
Контактная работа с преподавателем:	74
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	54
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	18 (2)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	2
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	43
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (27)

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Общие свойства нелинейных систем	2	4	4	10	ПК-4	ПК-4.3
2.	Методы исследования нелинейных систем	2	10	2	13	ПК-4	ПК-4.3
3.	Линейные законы регулирования в нелинейной теории	2	10	4	10	ПК-4	ПК-4.3
4.	Нелинейное управление линейным объектом	4	12	4	10	ПК-4	ПК-4.3
5	Нелинейное управление нелинейным объектом	4		4		ПК-4	ПК-4.3
6	Управление в хаотических системах	4				ПК-4	ПК-4.3
Итого		18	36	18	43		

4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-4.3	Общие свойства нелинейных систем Методы исследования нелинейных систем Линейные законы регулирования в нелинейной теории Нелинейное управление линейным объектом Нелинейное управление нелинейным объектом Управление в хаотических системах

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<u>Общие свойства нелинейных систем</u> Особенности поведения нелинейных систем, существование решений, примеры	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Методы исследования нелинейных систем</u> Исследование устойчивости, функции Ляпунова, абсолютная устойчивость, бифуркации, метод гармонического баланса	2	ЛВ
3	<u>Линейные законы регулирования в нелинейной теории</u> Использование традиционных законов регулирования, линеаризация, оптимальное управление	2	ЛВ
4	<u>Нелинейное управление линейным объектом</u> Релейные законы управления, системы с переменной структурой, адаптивные системы	4	ЛВ
5	<u>Нелинейное управление нелинейным объектом</u> Линеаризация обратной связью по состоянию и по выходу, использование функций Ляпунова для синтеза регуляторов	4	ЛВ
6	<u>Управление в хаотических системах</u> Понятие динамического хаоса, странный аттрактор, генерация хаотических колебаний, стабилизация хаоса.	4	ЛВ
Итого		18	

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	<u>Необходимые и достаточные условия экстремума</u> Основные модели, квадратично-линейная аппроксимация, положительная определенность и полуопределенность.	4		
2	<u>Основные алгоритмы поиска экстремума</u> Градиентный метод, метод сопряженных градиентов, метод Ньютона, квазиньютоновские методы, метод сопряженных градиентов, симплекс планирование, стохастические методы.	2		Слайд-презентация, групповая дискуссия
2	<u>Выпуклое и вогнутое программирование</u> Основные определения, теорема Куна-Таккера, модификация теоремы Куна-Таккер	2		
2	<u>Линейное программирование</u> Основные определения, двойственная задача, симплекс-метод, метод искусственного базиса.	2		

№ раздела дисци- плины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Иннова- ционная форма
		всего	в том числе на практиче- скую под- готовку	
2	<u>Нелинейное программирование</u> Сведение некоторых задач к задачам линейного программирования, методы штрафных функций, метод квадратичного штрафа	4		
3	<u>Принцип оптимальности Беллмана в непрерывных системах</u> Обсуждение принципа оптимальности, получение уравнения Беллмана, примеры.	4		
3	<u>Принцип максимума Л. С. Понтрягина.</u> Постановка задачи оптимального управления, доказательство принципа максимума, задача быстродействия, задача аналитического конструирования регуляторов, терминальное управление, принцип максимума в дискретных системах.	6		лайд- презен- тация, группо- вая дис- куссия
4	<u>Принцип оптимальности Беллмана в дискретных системах</u> Динамическое программирование, функция Беллмана-Ляпунова, уравнение Беллмана	4		
4	<u>Переход от непрерывного к дискретному времени</u> Основная теорема, аппроксимация Паде, понятие жесткости	4		
4	<u>Основные методы синтеза дискретных систем</u> Модальное управление по состоянию, модальное управление по выходу, оптимальное управление, робастное управление, метод компенсации, аperiodические законы управления	4		Слайд- презен- тация, группо- вая дис- куссия

4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисци- плины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Приме- чания
1	<u>Общие свойства нелинейных систем</u> Анализ некоторых видов бифуркаций нелинейных систем	4		
2	<u>Методы исследования нелинейных систем</u> Анализ и синтез нелинейных систем методом гармонического баланса	2		
3	<u>Линейные законы регулирования в нелинейной теории</u> Линейное управление нелинейным динамическим объектом	2		
3	<u>Линейные законы регулирования в нелинейной теории</u>	1		

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
	Изучение метода управления backstepping (Крстич) для объекта с запаздыванием			
3	<u>Линейные законы регулирования в нелинейной теории</u> Изучение метода последовательного компенсатора для управления нелинейным объектом с запаздыванием по выходу	1	1	
4	<u>Нелинейное управление линейным объектом</u> Увеличение быстродействия систем стабилизации технологических процессов	4	1	
5	<u>Нелинейное управление нелинейным объектом</u> Использование достаточных условий устойчивости для проектирования нелинейного регулятора	4		

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Виды математических моделей для статической оптимизации, постановка задачи оптимального управления	10	Устный опрос №1
2	Градиентный метод, метод наискорейшего спуска	2	Устный опрос №1
2	Метод Ньютона, квазиньютоновские методы, метод сопряженных градиентов	2	Устный опрос №1
2	Метод симплекс-планирования, метод Кифера-Вольфовица, метод Сакса	2	Письменный опрос №1
2	Основные понятия выпуклого и вогнутого программирования	2	Письменный опрос №1
2	Теорема Куна-Таккера, необходимые условия существования седловой точки	1	Устный опрос №2
2	Основные понятия линейного программирования	1	Устный опрос №2
2	Симплекс метод решения задачи линейного программирования, метод искусственного базиса	1	Устный опрос №2
2	Использование линейного программирования для решения задач нелинейного программирования	1	Устный опрос №2
2	Методы штрафных функций	1	Письменный опрос №2
3	Постановка задачи оптимального управления динамическим объектом	4	Письменный опрос №2
3,4	Принцип максимума Л. С. Понтрягина, принцип оптимальности Беллмана	8	Письменный опрос №2
3	Решение частных задач оптимального управления: максимального быстродействия, аналитического конструирования оптимальных регуляторов, терминального управления	2	Письменный опрос №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	Методы перехода от непрерывной модели динамики к дискретной модели	2	Устный опрос №2
4	Решение оптимальных задач дискретного управления	2	Устный опрос №2
4	Методы синтеза дискретных систем: модальное управление по состоянию и по выходу, апериодическое управление, оптимальное управление, метод динамической компенсации	2	Устный опрос №2

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и задача (для проверки умений и навыков). Время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

<p>Вариант № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метод оптимального демпфирования. 2. Линеаризация обратной связью. 3. Построить функцию Ляпунова для уравнения нагрузки: $\varphi(x) = 1.5x_1^2 + 3x_1x_2 + 8x_2^2$
--

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Сотников, В.В. Основы теории управления. Базовый курс: учебное пособие / В. В. Сотников, Л. Ф. Макарова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 155 с.
2. Фокин, А.Л. Синтез линейных дискретных и импульсных систем автоматического регулирования (методические указания) / А. Л. Фокин, О. А. Ремизова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра автоматизации процессов химической промышленности. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 18 с.
3. Фокин, А.Л. Увеличение быстродействия систем стабилизации технологических процессов: методические указания/ А. Л. Фокин, О. А. Ремизова, И. В. Рудакова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 155 с.

ственный технологический институт (технический университет), Кафедра автоматизации процессов химической промышленности. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 24 с.

4. Моделирование процесса полимеризации и управление при получении низкомолекулярного силоксанового каучука : методические указания / А. Л. Фокин [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра автоматизации процессов химической промышленности. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 19 с.
5. Теория автоматического управления: учебник для / С. Е. Душин, Н. С. Зотов, Д. Х. Имаев [и др.]; – Москва: Высшая школа, 2009. – 567 с. – ISBN 978-5-06-006126.

б) электронные учебные издания:

1. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Первозванский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-0995-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168873> (дата обращения: 07.06.2021). — Режим доступа: по подписке.
2. Бобиков, А. И. Анализ и проектирование нелинейных систем управления : учебное пособие / А. И. Бобиков. — Рязань : Министерство образования и науки Российской Федерации Рязанский государственный радиотехнический университет, 2013. — 220 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167991> (дата обращения: 05.06.2021). — Режим доступа: по подписке.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

- учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.tech-nolog.edu.ru>

- Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»)

Принадлежность – собственная СПбГТИ(ТУ).

Договор на передачу права (простой неисключительной лицензии) на использования результата интеллектуальной деятельности ООО «БиблиоТех»

ГК№0372100046511000114_135922 от 30.08.2011

Адрес сайта – <http://bibl.tti-gti.ru/>

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru, www.google.ru, www.rambler.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Проблемы синтеза нелинейных систем» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению;

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;
серьезное отношение к изучению материала;
постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

- Microsoft Office Std, Академическая лицензия, сублицензионный договор №02(03)15 от 20.01.2015, с 20.01.2015 бессрочно;
- PTC Mathcad (ГК №19 от 13.10.08 г. на предоставление академической лицензии на MathCAD University Department Perpetual-200 Floating);
- MatLab (Simulink);

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

<http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.

<http://borovic.ru> - база патентов России.

<http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности

<http://gost-load.ru>- база ГОСТов.

<http://worldddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.

<http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

1. Для проведения занятий в интерактивной форме:
кафедра автоматизации процессов химической промышленности, аудитория №13. 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. Оснащение: специализированная мебель (30 посадочных мест), доска, демонстрационный экран, компьютер;
2. Для проведения лабораторных занятий:
кафедра автоматизации процессов химической промышленности, лаборатория аудитория №18 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. Оснащение: специализированная мебель (24 посадочных места), доска, 12 компьютеров, сетевое оборудование;
3. Для самостоятельной работы студентов:
кафедра автоматизации процессов химической промышленности, помещение для самостоятельной работы, аудитория №14 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. Оснащение: специализированная мебель (20 посадочных мест).

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Проблемы синтеза нелинейных систем»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-4	Способен ставить задачи управления нелинейными технологическими объектами, объектами с параметрической неопределенностью, предлагать методы и подходы к их решению, проектировать оригинальные компоненты программно-технического обеспечения АСУ	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-4.3 Применяет методы линейной и нелинейной теории для синтеза систем управления технологическими процессами	Перечисляет основные методы построения и математического описания нелинейных процессов химической технологии в статике и динамике (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №1-15 к экзамену	Перечисляет основные методы построения и математического описания нелинейных процессов химической технологии в статике и динамике с ошибками.	Перечисляет основные методы построения и математического описания нелинейных процессов химической технологии в статике и динамике с небольшими ошибками.	Перечисляет основные методы построения и математического описания нелинейных процессов химической технологии в статике и динамике самостоятельно, верно. Может применить эти знания для решения инженерных задач
	Умеет использовать подходы к реализации проблемно-ориентированных методов при решении нелинейных задач управления (У-1)	Правильные ответы на вопросы №16-34 к экзамену	Использует подходы к реализации проблемно-ориентированных методов при решении нелинейных задач управления с ошибками.	Использует подходы к реализации проблемно-ориентированных методов при решении нелинейных задач управления с небольшими подсказками преподавателя	Способен самостоятельно использовать подходы к реализации проблемно-ориентированных методов при решении нелинейных задач управления
	Владеет навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ (Н-1)	Правильные ответы на вопросы №35-52 к экзамену	Слабо владеет навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ	Владеет навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ с небольшими ошибками	Владеет навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ качественно и без ошибок

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента**

по компетенции ПК-4:

1. Виды нелинейных статических характеристик.
2. Линеаризация нелинейной системы при помощи разложения дифференцируемой правой части в ряд Тейлора.
3. Вибрационная линеаризация.
4. Статистическая линеаризация.
5. Гармоническая линеаризация.
6. Теоремы об устойчивости.
7. Теоремы об асимптотической устойчивости.
8. Теоремы об экспоненциальной устойчивости.
9. Инвариантные множества и аттракторы.
10. Понятие бифуркации.
11. Бифуркация вида складка.
12. Бифуркация вида камертон.
13. Бифуркация вида сборка.
14. Бифуркация Андронова-Хопфа.
15. Метод гармонического баланса.
16. Определение параметров автоколебаний при помощи гармонической линеаризации.
17. Оценка областей устойчивости методом гармонической линеаризации.
18. Частичная устойчивость нелинейной системы.
19. Устойчивость по части переменных.
20. Устойчивость нелинейной модели по функции.
21. Устойчивость по выходу.
22. Возмущенное движение. Пассивные системы.
23. Устойчивость нелинейной системы по входу.
24. Преобразование нелинейного объекта управления и канонические формы.
25. Управляемость нелинейных систем.
26. Оптимальные задачи, приводящие к релейным законам регулирования для линейного объекта.
27. Постановка задачи линеаризации обратной связью.
28. Понятие производных и скобок Ли.
29. Понятие диффеоморфизма и преобразование координат нелинейной системы.
30. Понятие инвалютивности и интегрируемости для системы векторных функций. Теорема Фробениуса.
31. Линеаризация обратной связью по состоянию.
32. Матрица управляемости для нелинейной системы.
33. Линеаризация обратной связью по выходу.
34. Относительный порядок (относительная степень) нелинейной системы.
35. Внешняя и внутренняя динамика нелинейной системы.
36. Нуль-динамика нелинейной системы.
37. Синтез алгоритмов стабилизации и слежения.
38. Применение функций Ляпунова для синтеза системы.
39. Достаточные условия стабилизируемости системы.
40. Методы обратной задачи динамики.
41. Условия скольжения и попадания изображающей точки системы на гиперповерхность.
42. Уравнения движения в скользящем режиме.
43. Решение задачи стабилизации линейного стационарного объекта в классе систем с переменной структурой.
44. Структура и типы адаптивных систем управления.
45. Алгоритмы параметрической адаптации.

46. Алгоритмы сигнальной адаптации.
47. Сигнально-параметрическая адаптация.
48. Алгоритмы адаптивной идентификации.
49. Условия корректности математической задачи и понятие динамического хаоса.
50. Примеры хаотических систем.
51. Понятие странного аттрактора и фрактальной размерности.
52. Решение задачи стабилизации хаоса.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.
Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).