

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 18.10.2023 15:45:38
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

15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность программы бакалавриата

Управление потенциально-опасными процессами химической технологии

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **автоматизации процессов химической промышленности**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.ДВ.02.01

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 «Автоматизация технологических процессов и производств»		О.А. Ремизова
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
4.4. Занятия семинарского типа.....	7
4.4.1. Семинары, практические занятия.....	7
4.4.2. Лабораторные работы.....	8
4.5. 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
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-2 Способен проводить анализ объекта управления и выбирать архитектуру гибкой производственной системы на уровне интегрированной системы управления с применением цифровых технологий.	ПК-2.4 Применяет методы линейной и нелинейной теории для синтеза систем управления гибкими производственными системами с потенциально опасными 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.02.01) и изучается на 2 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Основы информатики и вычислительной техники», «Высшая математика», «Теория автоматического управления» в ООП бакалавриата. 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)	3/ 108
Контактная работа с преподавателем:	66
занятия лекционного типа	16
занятия семинарского типа, в т.ч.	48
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	32 (4)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	16
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	2
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	42
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет

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	2	2	10	ПК-2	ПК-2.4
2.	Методы исследования нелинейных систем	2	10	2	12	ПК-2	ПК-2.4
3.	Линейные законы регулирования в нелинейной теории	2	10	4	10	ПК-2	ПК-2.4
4.	Нелинейное управление линейным объектом	2	10	4	10	ПК-2	ПК-2.4
5	Нелинейное управление нелинейным объектом	4		4		ПК-2	ПК-2.4
6	Управление в хаотических системах	4				ПК-2	ПК-2.4
Итого		16	32	16	42		

4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-2.4	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	2	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		16	

4.4. Занятия семинарского типа.

4.4.1. 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.	2		
2	<u>Основные алгоритмы поиска экстремума</u> Градиентный метод, метод сопряженных градиентов, метод Ньютона, квазиньютоновские методы, метод сопряженных градиентов, симплекс планирование, стохастические методы.	2	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия
2	<u>Выпуклое и вогнутое программирование</u> Основные определения, теорема Куна-Таккера, модификация теоремы Куна-Таккера	2		
2	<u>Линейное программирование</u> Основные определения, двойственная задача, симплекс-метод, метод искусственного базиса.	2	1	
2	<u>Нелинейное программирование</u> Сведение некоторых задач к задачам линейного программирования, методы штрафных	4	1	

№ раздела дисци- плины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновацион- ная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	функций, метод квадратичного штрафа			
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 быстрогодействия, задача аналитического конструирования регуляторов, терминальное управление, принцип максимума в дискретных системах.	6		Слайд-презентация, групповая дискуссия
4	<u>Принцип оптимальности Беллмана в дискретных системах</u> Динамическое программирование, функция Беллмана-Ляпунова, уравнение Беллмана	2		
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-презентация, групповая дискуссия

4.4.2. Лабораторные работы

№ раздела дис- циплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	<u>Общие свойства нелинейных систем</u> Анализ некоторых видов бифуркаций нелинейных систем	2		
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> Изучение метода управления backstepping	1		

№ раздела дис- циплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	(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		
4	<u>Нелинейное управление линейным объектом</u> Увеличение быстродействия систем стабилизации технологических процессов	4		
5	<u>Нелинейное управление нелинейным объектом</u> Использование достаточных условий устойчивости для проектирования нелинейного регулятора	4		
Итого		16		

4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисци- плины	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	1	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:	2	Письменный опрос №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	максимального быстродействия, аналитического конструирования оптимальных регуляторов, терминального управления		
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 зачета по вопросам. К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример зачетного задания:

<p>Вариант № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метод оптимального демпфирования. 2. Линеаризация обратной связью.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

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 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.lti-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 приходить, 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;
- РТС 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://worlddofaut.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-2	Способен проводить анализ объекта управления и выбирать архитектуру гибкой производственной системы на уровне интегрированной системы управления с применением цифровых технологий.	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)
ПК-2.4 Применяет методы линейной и нелинейной теории для синтеза систем управления гибкими производственными системами с потенциально опасными 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.
	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.
	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

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:

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 инвариантности 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.

До сдачи зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 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 ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

Шкала оценивания на зачёте – «зачёт», «незачёт». При этом «зачёт» соотносится с

пороговым уровнем сформированности компетенции.