

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
ОСНОВЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ УПРАВЛЯЕМЫХ 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.02.01

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Основы нелинейной динамики управляемых систем» обоснована 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
4.4. 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
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	11
10.1. Информационные технологии.....	11
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.....	12
Приложение № 1.....	13

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 процессов химической технологии в статике и динамике (ЗН-1); Уметь: использовать методы и алгоритмы анализа инструментов управления нелинейными системами (У-1); Владеть: навыками расчетных и исследовательских приемов анализа систем по данной дисциплине (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 1 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Основы информатики и вычислительной техники», «Высшая математика», «Теория автоматического управления», «Идентификация объектов управления», «Процессы и аппараты», «Системы автоматизации и управления», «Оптимизация задач в теории управления».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Основы нелинейной динамики управляемых 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(2)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	18
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.	Математические модели нелинейных процессов и постановка задач управления	2	8	8	3	ПК-4	ПК-4.3
2.	Анализ нелинейных систем	6	12	4	10	ПК-4	ПК-4.3
3.	Задача абсолютной устойчивости	4	12	2	20	ПК-4	ПК-4.3
4.	Основы теории возмущений	4	4	2	10	ПК-4	ПК-4.3
5.	Периодические решения	2		2		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	Математические модели нелинейных процессов и постановка задач управления Анализ нелинейных систем Задача абсолютной устойчивости Основы теории возмущений Периодические решения

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	Математические модели нелинейных процессов и постановка задач управления Виды нелинейных математических моделей, возмущенное движение системы, скользящие режимы, виды неопределенности	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Анализ нелинейных систем</u> Существование и единственность решений, метод фазовой плоскости и точечных отображений, функции Ляпунова, анализ устойчивости, построение функций Ляпунова	6	
3	<u>Задача абсолютной устойчивости</u> Системы прямого и непрямого регулирования, алгебраические и частотные методы анализа, теорема Лурье	4	
4	<u>Основы теории возмущений</u> Введение малого параметра, сингулярные возмущения, системы с медленно меняющимися параметрами	4	
5	<u>Периодические решения</u> Автоколебания и вынужденные колебания, устойчивость периодических решений.	2	
<u>Итого</u>		18	

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.	8		
2	<u>Основные алгоритмы поиска экстремума</u> Градиентный метод, метод сопряженных градиентов, метод Ньютона, квазиньютоновские методы, метод сопряженных градиентов, симплекс планирование, стохастические методы..	2		лекция – пресс-конференция (ЛПК), дебаты (Д),
2	<u>Выпуклое и вогнутое программирование</u> Основные определения, теорема Куна-Таккера, модификация теоремы Куна-Таккера.	4		
2	<u>Линейное программирование</u> Основные определения, двойственная задача, симплекс-метод, метод искусственного базиса.	4		
2	<u>Нелинейное программирование</u> Сведение некоторых задач к задачам линейного программирования, методы штрафных функций, метод квадратичного штрафа	2	1	
3	<u>Принцип оптимальности Беллмана в непрерывных системах</u>	6		

№ раздела дисци- плины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновацион- ная форма
		всего	в том числе на практи- ческую подготовку	
	Обсуждение принципа оптимальности, получение уравнения Беллмана, примеры.			
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	1	ЛПК, Д
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	1		
4	<u>Основные методы синтеза дискретных систем</u> Модальное управление по состоянию, модальное управление по выходу, оптимальное управление, робастное управление, метод компенсации, апериодические законы управления	1		ЛПК, Д

4.4.2. Лабораторные работы

№ раздела дисци- плины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практиче- скую под- готовку	
1	<u>Математические модели нелинейных процессов и постановка задач управления</u> Изучение временных характеристик нелинейных динамических систем	4		
1	<u>Математические модели нелинейных процессов и постановка задач управления</u> Анализ нелинейных систем на фазовой плоскости	4		
2	<u>Анализ нелинейных систем</u> Построение функций Ляпунова энергетическим методом и методом разделения переменных.	2		
2	<u>Анализ нелинейных систем</u>	2		

	Анализ нелинейных систем прямым методом Ляпунова			
3	<u>Задача абсолютной устойчивости</u> Исследование систем прямого управления алгебраическими и частотными методами	2		
4	<u>Основы теории возмущений</u> Изучение метода разделения движений в нелинейных системах	2		
5	<u>Периодические решения</u> Квазипериодические и хаотические решения в нелинейных системах	2		

4.5. 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	3	Устный опрос №1
2	Градиентный метод, метод наискорейшего спуска	2	Устный опрос №1
2	Метод Ньютона, квазиньютоновские методы, метод сопряженных градиентов	1	Устный опрос №1
2	Метод симплекс-планирования, метод Кифера-Вольфовица, метод Сакса	1	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	10	Письменный опрос №2
3	Решение частных задач оптимального управления: максимального быстродействия, аналитического конструирования оптимальных регуляторов, терминального управления	6	Письменный опрос №2
4	Методы перехода от непрерывной модели динамики к дискретной модели	2	Устный опрос №2
4	Решение оптимальных задач дискретного управления	4	Устный опрос №2
4	Методы синтеза дискретных систем: модальное управление по состоянию и по выходу, аperiodическое управление, оптимальное управление, метод динамической компенсации	4	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 двумя вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Функции Ляпунова.
2. Теорема В. М. Попова.

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 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 «Основы нелинейной динамики управляемых 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, sublicензионный 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://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 «Основы нелинейной динамики управляемых 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 процессов химической технологии в статике и динамике (ЗН-1);	Правильные ответы на вопросы №1-12 к экзамену	Перечисляет основные методы построения и математического описания процессов химической технологии в статике и динамике с ошибками	Перечисляет основные методы построения и математического описания процессов химической технологии в статике и динамике без ошибок, но путается в последовательности построения	Перечисляет основные методы построения и математического описания процессов химической технологии в статике и динамике, хорошо ориентируется в последовательности построения. Может применить эти знания для решения и задач
	Использует методы и алгоритмы анализа инструментов управления нелинейными системами (У-1);	Правильные ответы на вопросы № 13-28 к экзамену	Имеет представление об алгоритмах анализа инструментов управления нелинейными системами. Перечисляет основные методы анализа инструментов управления нелинейными системами с ошибками	Использует методы и алгоритмы анализа инструментов управления нелинейными системами с подсказками преподавателя	Способен самостоятельно использовать методы и алгоритмы анализа инструментов управления нелинейными системами верно и качественно
	Владеет навыками расчетных и исследовательских приемов анализа систем по данной дисциплине (Н-1).	Правильные ответы на вопросы № 29-37 к экзамену	С ошибками использует навыки расчетных и исследовательских приемов анализа систем по данной дисциплине	С небольшими подсказками преподавателя использует навыки расчетных и исследовательских приемов анализа систем по данной дисциплине	Способен самостоятельно использовать навыки расчетных и исследовательских приемов анализа систем по данной дисциплине

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. Математические модели нелинейных систем.
3. Условия существования и единственности решения нелинейной системы дифференциальных уравнений.
4. Возмущенное и невозмущенное движение нелинейной системы.
5. Интегральные кривые и фазовые траектории.
6. Продолжимость решения и полнота системы.
7. Стационарные решения.
8. Инвариантные множества и аттракторы.
9. Функции Ляпунова, критерий Сильвестра.
10. Теорема Ляпунова об устойчивости движения.
11. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости.
12. Теорема Красовского об асимптотической устойчивости.
13. Устойчивость нелинейной системы в целом.
14. Экспоненциальная устойчивость.
15. Устойчивость линейных и линеаризованных систем.
16. Теоремы о неустойчивости движения.
17. Построение функций Ляпунова методом преобразования координат.
18. Построение функций Ляпунова методом неопределенных коэффициентов.
19. Построение функций Ляпунова при помощи связки интегралов.
20. Построение функций Ляпунова энергетическим методом.
21. Построение функций Ляпунова методом разделения переменных.
22. Построение функций Ляпунова для линейных систем.
23. Проблема Айзермана и построение функций Ляпунова.
24. Метод Лурье-Постникова.
25. Необходимое условие абсолютной устойчивости.
26. Системы прямого управления.
27. Теорема о разрешающих уравнениях Лурье.
28. Системы непрямого управления.
29. Преобразование системы уравнений к канонической форме.
30. Частотный критерий устойчивости В. М. Попова.
31. Частотные критерии для случаев, когда собственная матрица линейной части содержит один или два нулевых характеристических числа.
32. Круговой критерий абсолютной устойчивости.
33. Квадратичный критерий абсолютной устойчивости.
34. Учет ограниченных возмущений в нелинейной теории.
35. Учет сингулярных возмущений в нелинейной теории.
36. Нелинейные системы с медленно меняющимися параметрами.
37. Периодические решения в нелинейных системах.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПП 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»).