

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 12.09.2021 19:28:38
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
«26» января 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
«ОСНОВЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ»
(Начало подготовки – 2016 год)
Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность программы бакалавриата
Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр
Форма обучения:
очная

Факультет: **Информационных технологий и управления**
Кафедра: **Кафедра автоматизации процессов химической промышленности**

Санкт-Петербург
2016

ФТД.В.03

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор А.Л. Фокин

Рабочая программа дисциплины «Основы нелинейной динамики управляемых систем»
обсуждена на заседании кафедры автоматизации процессов химической промышленности
протокол от «16» ноября 2015 № 5
Заведующий кафедрой

Л.А. Русинов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и
управления
протокол от «23» декабря 2015 №5

Председатель

В.В. Куркина

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»		В. В. Куркина
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		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.	4
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.	5
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.	5
4.2. Занятия лекционного типа.	6
4.3. Занятия семинарского типа.	6
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.	8
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	8
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	9
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.	11
Приложение № 1.....	12
к рабочей программе дисциплины.....	12

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

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

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-18	способностью аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством	Знать: основные принципы построения нелинейных систем автоматического управления; основные методы построения и математического описания процессов химической технологии в статике и динамике; средства и алгоритмы инструментов управления нелинейными системами; программное обеспечение для моделирования и решения задач управления нелинейными технологическими процессами; Уметь: использовать методы и алгоритмы реализации инструментов управления нелинейными системами; Владеть: навыками расчетных и исследовательских приемов работы по данной дисциплине.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы¹.

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам (ФТД.В.03) и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Основы информатики и вычислительной техники», «Высшая математика», «Теория автоматического управления», «Моделирование систем», «Процессы и аппараты химической технологии», «Программирование и алгоритмизация», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Искусственный интеллект в системах управления».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Основы нелинейной динамики управляемых систем» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе учащегося и при выполнении выпускной квалификационной работы.

¹ Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	1/ 36
Контактная работа с преподавателем:	32
занятия лекционного типа	10
занятия семинарского типа, в т.ч.	20
семинары, практические занятия	20
лабораторные работы	
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	2
другие виды контактной работы	
Самостоятельная работа	4
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, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Математические модели нелинейных процессов и постановка задач управления	1	4		1	ПК-18
2.	Анализ нелинейных систем	4	9		1	ПК-18
3.	Задача абсолютной устойчивости	2	5		1	ПК-18
4.	Основы теории возмущений	2	1		0,5	ПК-18
5	Периодические решения	1	1		0,5	ПК-18

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Математические модели нелинейных процессов и постановка задач управления</u> Виды нелинейных математических моделей, возмущенное движение системы, скользящие режимы, виды неопределенности	1	Слайд-презентация
2	<u>Анализ нелинейных систем</u> Существование и единственность решений, метод фазовой плоскости и точечных отображений, функции Ляпунова, анализ устойчивости, построение функций Ляпунова	4	Слайд-презентация
3	<u>Задача абсолютной устойчивости</u> Системы прямого и непрямого регулирования, алгебраические и частотные методы анализа, теорема Лурье	2	Слайд-презентация
4	<u>Основы теории возмущений</u> Введение малого параметра, сингулярные возмущения, системы с медленно меняющимися параметрами	2	Слайд-презентация
5	<u>Периодические решения</u> Автоколебания и вынужденные колебания, устойчивость периодических решений.	1	Слайд-презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Виды нелинейных математических моделей</u> Проблема существования и единственности решения системы нелинейных уравнений, виды нелинейностей, метод фазовой плоскости, метод точечных отображений	2	Презентация докладов и обсуждение
1	<u>Нелинейные колебательные процессы</u> Виды нелинейных колебаний, бифуркации, периодические процессы, хаотические процессы	2	Презентация докладов и обсуждение

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Метод функций Ляпунова</u> Возмущенное и невозмущенное движение. Определения устойчивости. Функции Ляпунова. Примеры положительно определенных и знакоположительных функций. Критерий Сильвестра, определения устойчивости	4	Презентация докладов и обсуждение
2	<u>Теоремы об устойчивости</u> Теорема устойчивости Ляпунова. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости. Теорема Ляпунова-Пуанкаре об устойчивости по линейному приближению. Теорема Красовского об асимптотической устойчивости. Устойчивость в целом. Бесконечно большая функция Ляпунова. Теорема Барбашина-Красовского, построение функций Ляпунова. Устойчивость в дискретной системе. Теоремы об устойчивости в дискретных системах.	5	Презентация докладов и обсуждение
3	<u>Абсолютная устойчивость</u> Системы прямого и непрямого управления, понятие абсолютной устойчивости, алгебраические и частотные критерии абсолютной устойчивости, гиперустойчивость и положительность динамических систем.	5	Презентация докладов и обсуждение
4	<u>Основы теории возмущений</u> Изучение метода разделения движений в нелинейных системах	1	Презентация докладов и обсуждение
5	<u>Периодические решения</u> Квазипериодические и хаотические решения в нелинейных системах	1	Презентация докладов и обсуждение

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Математические модели нелинейных процессов и постановка задач управления Принцип суперпозиции, основные подходы к линеаризации нелинейных систем, сепаратрисы, предельные циклы, автоколебания, не единственность решения, скользящие режимы, виды неопределенности.	1	Устный опрос №1

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Анализ нелинейных систем Равновесные состояния нелинейных систем и их устойчивость, построение функций Ляпунова, устойчивость по линейному приближению, положительно определенные квадратичные формы.	1	Устный опрос №1
3	Задача абсолютной устойчивости Система сравнения и необходимое условие абсолютной устойчивости Алгебраические методы исследования абсолютной устойчивости Частотные методы исследования абсолютной устойчивости.	1	Устный опрос №1
4	Основы теории возмущений Учет возмущений в нелинейной теории.	0,5	Устный опрос №1
5	Периодические решения и автоколебания Метод интегральных уравнений.	0,5	Устный опрос №1

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 Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

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

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

- Хаотические колебательные процессы
- Теорема Ляпунова об устойчивости.
- Постройте функцию Ляпунова для линейной системы

$$\dot{x} = Ax, \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0.1 & -0.2 \end{bmatrix} \text{ и докажите ее устойчивость.}$$

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Сотников, В.В. Основы теории управления. Базовый курс: учеб. пособие по направ. подгот. 230100 «Информатика и вычислительная техника» и 230400 «Информационные системы и технологии» / В. В. Сотников, Л. Ф. Макарова; СПбГТИ(ТУ). Каф. сист. автоматизированного проектирования и управления. – СПб., 2010. – 155 с.

2. Моделирование процесса полимеризации и управление при получении низкомолекулярного силоксанового каучука (методические указания)/ А. Л. Фокин [и др.]; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2010. – 19 с.

3. Чистякова, Т. Б. Математическое моделирование химико-технологических объектов с распределенными параметрами: учебное пособие для вузов по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника»/ Т. Б. Чистякова, А. Н. Полосин, Л. В. Гольцева; СПб ГТИ(ТУ). Каф. систем автоматизированного проектирования и упр. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. – 239с.

б) дополнительная литература:

1. Лесин, В. В. Основы методов оптимизации: учебное пособие/ В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. – 3-е изд., испр. – СПб.: М.: Краснодар: Лань, 2011. – 341с.

в) вспомогательная литература:

1. Рапопорт, Э. Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределенными параметрами: учеб. пособие для вузов по напр. подгот. «Автоматизация и управление»/Э. Я. Рапопорт; М.: Высш. шк., 2005. – 292 с.

2. Черноушко, Ф. Л. Методы управления нелинейными механическими системами/ Ф. Л. Черноушко, И. М. Ананьевский, С. А. Ремшин. – М.: Физматлит, 2006. – 326 с.

3. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5 т. / Под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.

Т 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. – 2004. – 656 с.

Т 2. Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления. – 2004. – 640 с.

Т 3. Синтез регуляторов систем автоматического управления. – 2004. – 616 с.

Т 4. Теория оптимизации систем автоматического управления. – 2004. – 744 с.

Т 5. Методы современной теории автоматического управления. – 2004. – 784 с.

4. Востриков, А. С. Теория автоматического регулирования: учеб. пособие для вузов по направлению «Автоматизация и управление»/ А. С. Востриков; М.: Высш. шк., 2004 – 365 с.

5. Фокин, А. Л. Использование методов динамической компенсации и оптимального управления для проектирования линейных систем стабилизации (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2004. – 16 с.

6. Фокин, А. Л. Оптимальная стабилизация линейного объекта (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян, В. В. Сыроквашин; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2005. – 20 с.

7. Ванько, В. И. Вариационное исчисление и оптимальное управление: учебник для вузов/ В. И. Ванько, О. В. Ермошина, Г. Н. Кувыркин – М. Изд-во МГУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 487 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

электронный учебник «Управление качеством»

http://studme.org/1455042310874/menedzhment/upravlenie_kachestvom

сайт «НПО Техноконт» <http://www.technocont.ru>;

сайты фирм разработчиков АСУТП: www.adastra.ru; www.foit.ru; www.metso.ru; www.siemens.ru;

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

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:

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

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.

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

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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 багаж знаний и вопросов 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;

видеоматериалы компании «НПО Техноконт»;

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel);

P.I.D. – expert станция инженерного сопровождения систем автоматического регулирования, версия 2.05 (демо-версия).

10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

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

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

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Основы нелинейной динамики управляемых систем»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-18	способностью аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством	<p>Знать: основные принципы построения нелинейных систем автоматического управления; основные методы построения и математического описания процессов химической технологии в статике и динамике; средства и алгоритмы инструментов управления нелинейными системами; программное обеспечение для моделирования и решения задач управления нелинейными технологическими процессами;</p> <p>Уметь: использовать методы и алгоритмы реализации инструментов управления нелинейными системами;</p> <p>Владеть: навыками расчетных и исследовательских приемов работы по данной дисциплине.</p>

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает методы построения и описания нелинейных процессов. Знает условия существования и единст-	Правильные ответы на вопросы №1-8 к зачету	ПК-18

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	венности решения нелинейных систем. Умеет использовать известные методы для построения интегральных кривых нелинейных систем		
Освоение раздела № 2	Знает методы анализа устойчивости нелинейных систем. Владеет методами построения функций Ляпунова для нелинейных и линейных систем	Правильные ответы на вопросы №9-22	ПК-18
Освоение раздела № 3	Знает методы и средства анализа абсолютной устойчивости нелинейных систем. Умеет использовать теоретические результаты для исследования нелинейных систем. Владеет навыками применения основных критериев абсолютной устойчивости для решения конкретных задач	Правильные ответы на вопросы №23-33 к зачету	ПК-18
Освоение раздела №4	Знает методы построения приближенных решений нелинейных уравнений. Владеет навыками метода разделения движений в системе для решения нелинейных систем	Правильные ответы на вопросы №34-36 к зачету	ПК-18
Освоение раздела № 5	Знает методы анализа периодических и квазипериодических решений Умеет использовать алгоритмы управления хаосом в динамических системах.	Правильные ответы на вопрос №37 к зачету	ПК-18

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
если по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, то результат оценивания – «зачтено», «не зачтено»;

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-18:

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.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.