

**Правительство Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный университет  
Математико-механический факультет**

Регистрационный номер  
рабочей программы учебной дисциплины:

<small>код года утвержде ни я</small>	/	<small>код факультета</small>	/	<small>порядковый номер учебной дисциплины</small>
---	---	-------------------------------	---	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Частотные методы исследования нелинейных систем**

**основной образовательной программы высшего профессионального образования  
Прикладная математика и информатика**

подготовки по направлению **010501 Прикладная математика и информатика**  
 по профилю *Для всех профилей подготовки*  
 для получения квалификации (степени) *специалист*

*Рабочая программа учебной дисциплины может использоваться при совпадении значения трудоёмкости в зачётных единицах в одной или нескольких основных и дополнительных образовательных программах, характеристики которых указываются на титульном листе*

**код дисциплины** *C.2.1.* **по учебному плану** *10/2017/1* **форма обучения** *очная.*  
**виды промежуточной аттестации:** **Зачётов 0** *1* **Экзаменов 1** *1*

*Рабочая программа учебной дисциплины может соответствовать одному или нескольким учебным планам образовательных программ, в том числе по различным формам обучения, в этом случае все соответствующие коды, виды и количество процедур промежуточной указываются на титульном листе*

**Трудоёмкость учебной дисциплины** 4 **зачётных единиц**

Санкт-Петербург  
2010

## *Структура рабочей программы учебной дисциплины*

### **Раздел 1. Характеристики, структура и содержание учебной дисциплины**

#### 1.1. Цели и результаты изучения дисциплины

Дисциплина «**Частотные методы исследования нелинейных систем**» является одной из базовых дисциплин цикла (БЗ), формирующей подготовку специалиста в области прикладной математики и информатики.

Отдельные параметры курса могут варьироваться по степени сложности в зависимости от начальной подготовки студентов.

Основным методологическим принципом построения программы курса, является принцип поэтапного системного накопления знаний и формирования необходимых компетенций по модели: от простого и/или знакомого - к сложному и/или незнакомому, а основной методологической стратегией прохождения отдельных разделов программы является ступенчатость и цикличность, предусматривающие постепенный возврат к ранее усвоенному материалу на более высоком языковом и концептуальном уровне.

Цель изучения дисциплины: обучение студентов частотным методам исследования систем управления, подготовка к восприятию специальных дисциплин, развитие у студентов доказательного, логического мышления; знакомство с различными подходами прикладной математики, подготовка к самостоятельному решению различных прикладных задач.

#### 1.2. Язык(и) обучения

русский язык

#### 1.3. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебной дисциплины (прerequisites)

Программа курса предназначена студентам **3 и 4 курса** и рассчитана на студентов, изучавших алгебру, математический анализ и владеющих базовыми навыками теории дифференциальных уравнений.

Максимальная эффективность программы будет обеспечена при условии, что студент:

- Владеет основами алгебры и математического анализа.
- Владеет основами теории дифференциальных уравнений.

#### 1.4. Перечень компетенций, формируемых при изучении дисциплины (с указанием кодов):

ОК-4 - владение основами методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени

ПК-19 - знание и умение использовать основные разделы теории управления

Основной целью курса является овладение студентами теоретических основ частотных методов исследования многомерных нелинейных систем управления, а именно:

- знание содержания дисциплины "**Частотные методы исследования нелинейных систем**" и обладание достаточно полным представлением о возможностях применения разделов курса в различных прикладных областях науки и техники;
- Развитие способности дальнейшего освоения качественных методов анализа и синтеза теории управления.

1.5. Знания, умения, навыки, осваиваемые обучающимися при изучении дисциплины  
 Применение современных частотных методов исследования многомерных нелинейных систем управления, построение адекватных математических моделей систем управления и применение для их исследования современных качественных методов теории управления.

1.6. Перечень и объём активных форм учебной работы по дисциплине

Аудиторная учебная работа: теоретические занятия в объеме 2 часов в неделю, текущее тестирование, комплексное тестирование (экзамен) в конце годового курса.

Самостоятельная работа:

а) без участия преподавателя (индивидуальная работа с доступными информационными и образовательными ресурсами, имеющимися в библиотеке, в открытом доступе в сети Интернет и локальной сети Университета с целью преодоления индивидуальных трудностей в освоении отдельных разделов курса, а также удовлетворения личных познавательных потребностей.

1.7. Организация изучения дисциплины, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

При заполнении раздела 1.7 рекомендуется указывать распределение трудоёмкости и объёмов учебной работы, а также рекомендуемые границы наполняемости учебных групп по модулям и видам учебной работы в форме таблицы:

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся

Код модуля	Аудиторная учебная работа обучающихся							Самостоятельная работа			Объём активных форм учебной работы	Трудоёмкость
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	без участия преподавателя		
<i>по формам обучения</i>												
Модуль I	64									25	10	4 зачётных единиц
	60								60			
ИТОГО:	64									25		4

При заполнении раздела 1.7 рекомендуется указывать виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по модулям и видам учебной работы в форме таблицы:

Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Код модуля	Период по учебному графику	Промежуточная аттестация		Всего зачётов и экзаменов	Текущий контроль	
		Виды	Сроки		Формы	Сроки
<i>по формам обучения</i>						
Б 3	7,8 семестры	экзамен		1		

1.8. Структура и содержание учебной дисциплины

**Курс обучения состоит из одного модуля:**

**1. Частотные методы исследования нелинейных систем**

**Цель данного этапа обучения:** см. пункты 1.4., 1.5

**Знания и умения по завершении профессионально-ориентированного модуля:**  
см. пункты 1.4., 1.5

**Темы для изучения и обсуждения**

- Нелинейные системы. Способы их описания. Примеры.
- Основные способы линеаризации нелинейных систем. Применение методов линейной теории при исследовании нелинейных систем.
- Устойчивость и неустойчивость нелинейных систем. Сравнительный анализ различных определений.
- Метод функций Ляпунова. Примеры теорем Ляпунова об устойчивости и неустойчивости нелинейных систем. Примеры функций Ляпунова.
- Применение метода функций Ляпунова для анализа линейных систем. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.
- Матричное уравнение Ляпунова и теорема о его разрешимости.
- Теорема о расположении собственных чисел у матрицы, являющейся решением матричного уравнения Ляпунова.
- Постановки задач в теории абсолютной устойчивости. Виды квадратичных связей. Случай нескольких квадратичных связей. Формирование частотных условий.
- Частотная теорема. Мотивация и обзор результатов.
- Частотная теорема. Основные леммы.
- Частотная теорема. Доказательство для скалярного случая (нестрогие неравенства).
- Частотная теорема. Матричный случай, дополнительные леммы.
- Частотная теорема. Доказательство для матричного случая (нестрогие неравенства).
- Частотная теорема (строгие неравенства).
- Применение частотной теоремы для “линейно-квадратичной задачи”. Постановки задачи, условия существования и алгоритм построения оптимального управления.
- S – процедура. Теорема о неуязвимости S - процедуры. Обзор результатов.
- Системы квадратичного топологического типа. Определение, его корректность.
- Системы квадратичного топологического типа. Частотные условия для линейных систем.
- Системы квадратичного топологического типа. Частотные условия для нелинейных систем.
- Системы квадратичного топологического типа. Теорема о необходимых условиях для случая локальной связи.
- Свойства решений систем квадратичного топологического типа.
- Квадратичный критерий устойчивости и неустойчивости для случая локальных связей. Экспоненциальный тип поведения решений.
- Квадратичный критерий устойчивости для случая локальных связей. Необходимость частотных условий.
- Квадратичный критерий устойчивости и неустойчивости для случая динамических (дифференциальных связей).
- Квадратичный критерий устойчивости для случая интегральных квадратичных связей. Достаточность частотных условий.
- Квадратичный критерий устойчивости для случая интегральных квадратичных связей.

- Необходимость частотных условий. Комплексный случай.
- Квадратичный критерий устойчивости для случая интегральных квадратичных связей. Необходимость частотных условий. Вещественный случай.
  - Круговой критерий (скалярный и матричный случаи). Обзор результатов.
  - Критерий Попова (скалярный и матричный случаи).
  - Диссипативность. Критерии диссипативности.
  - Дискретные системы управления, способы описания систем, определения устойчивости и неустойчивости, примеры.
  - Метод функций Ляпунова для дискретных систем. Примеры теорем об устойчивости и неустойчивости нелинейных дискретных систем.
  - Постановки задач в теории абсолютной устойчивости дискретных систем. Виды квадратичных связей.
  - Частотная теорема для дискретного случая. Способы доказательства.
  - Квадратичный критерий устойчивости и неустойчивости для случая локальных связей. Экспоненциальный тип поведения решений дискретных систем.
  - Квадратичный критерий устойчивости и неустойчивости дискретных систем для случая обобщённых локальных связей.
  - Квадратичный критерий устойчивости и неустойчивости дискретных систем для случая дифференциальных связей.
  - Квадратичный критерий устойчивости и неустойчивости дискретных систем для случая обобщённых дифференциальных связей.
  - Экспоненциальный тип поведения решений дискретных систем для случая дифференциальных и обобщённых дифференциальных квадратичных связей.
  - Квадратичный критерий устойчивости и неустойчивости дискретных систем для случая скалярной нелинейности.
  - Диссипативность дискретных систем.
  - Применение квадратичного критерия устойчивости и неустойчивости дискретных систем для исследования абсолютной устойчивости широтно-импульсных систем.

Формы контроля: Итоговый контроль (в конце семестров) - беседа по пройденным темам, решение задачи (выбор и применение соответствующего метода курса)

Итоговый контроль

1. сдача экзамена на понимание теории из курса лекций
2. самостоятельное выполнение заданий по разделам курса лекций.

## **Раздел 2. Обеспечение учебной дисциплины**

### 2.1. Методическое обеспечение учебной дисциплины

#### 2.1.1. Методическое обеспечение аудиторной работы

Методические материалы включают в себя следующие типы материалов — учебники, электронные учебные пособия, с опорой на которые проводится аудиторная работа.

### 2.1.2. Методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа студента, как вид деятельности, стимулирующий активность, самостоятельность, познавательный интерес с целью поиска необходимой информации, приобретения знаний, использования этих знаний для решения учебных, научных и профессиональных задач, представляет собой важную составляющую учебного процесса, которой отводится не менее половины учебного времени при очной форме обучения. Время, отводимое на самостоятельную работу, должно использоваться студентами для наиболее полного освоения учебной дисциплины. Следовательно, организация эффективной внеаудиторной самостоятельной работы в процессе обучения требует, с одной стороны, создание условий, призванных обеспечить рациональное и планомерное управление учебной деятельностью, протекающей в отсутствие преподавателя, и тщательной подготовки целого ряда учебных пособий, снабженных методическими указаниями, с другой стороны.

#### **К числу методических пособий относятся:**

- общие методические рекомендации и указания по самостоятельной работе;
- фонд контрольных заданий и тестов для самоконтроля, которые позволяют оценить уровень знаний, навыков и умений студентов согласно требованиям курса, государственным стандартам и европейским компетенциям.

#### **Роль преподавателя в организации самостоятельной работы**

Роль преподавателя в организации самостоятельной работы состоит в координации действий обучающихся в освоении дисциплины, в методическом и организационном обеспечении учебного процесса. Взаимодействие между преподавателем и студентом осуществляется в форме консультаций. Преподаватели также оказывают помощь студентам по планированию и организации самостоятельной работы.

#### **Контроль за самостоятельной работой**

Контроль за самостоятельной работой может осуществляться в форме коротких опросов и тестов, углубленных вопросов по темам занятий, дополнительных вопросов, и т.д.

### 2.1.3. Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (контрольно-измерительные материалы)

Аппарат контроля за усвоением материала включает в себя задания, контрольные вопросы, необходимые для эффективного контроля за усвоением учебного материала.

## 2.4. Информационное обеспечение учебной дисциплины

### 2.4.1. Список обязательной литературы

- В.М. Попов. Гиперустойчивость автоматических систем. Наука, М., 1970.
- Методы исследования нелинейных систем автоматического управления. Под ред. Р.А. Нелепина Изд-во “Наука”, М., 1975.
- А.Х. Гелиг, Г.А. Леонов, В.А. Якубович. Устойчивость нелинейных систем с неединственным состоянием равновесия. М., Наука, 1978.
- Г.А. Леонов, И.М. Буркин, А.И. Шепелявый. Частотные методы в теории колебаний. Часть 1. Изд-во СПбГУ, 1992.
- Нелинейные системы. Частотные и матричные неравенства. М. Физматгиз, 2008.

- Лекции, электронные источники, журнальные статьи, обзоры С.В. Гусева, А.Л. Лихтарникова, А.С. Матвеева, А.Х. Гелига, А.Н. Чурилова, ссылки и библиография в указанных монографиях и обзорах.

#### 2.4.2. Список дополнительной литературы

- Х.К. Халил Нелинейные системы. Издание третье. Под редакцией А.Л. Фрадкова. Москва. 2009.
- Электронные источники, журнальные статьи.
- Литература, одобренная Методической комиссией вуза.

#### 2.4.3. Перечень иных информационных источников

Ресурсы сети Интернет

### Раздел 3. Процедура разработки и утверждение рабочей программы учебной дисциплины

Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Шепелявый А.И.	к.ф-м.н	Доц.	Доцент	+7 (812) 4284148 theorcyb@yandex.ru

В соответствии с порядком организации внутренней и внешней экспертизы образовательных программ, установленных приказом первого проректора по учебной работе от 18.02.2009 № 195/1, проведена двухуровневая экспертиза:

первый уровень (оценка качества содержания программы и применяемых педагогических технологий)		
Наименование кафедры	Дата заседания	№ протокола
Кафедра теоретической кибернетики	4 мая 2010	6
второй уровень (соответствие целям подготовки и учебному плану образовательной программы)		
Экспертиза второго уровня выполнена в порядке, установленном приказом		
<i>должностное лицо</i>	<i>дата приказа 29.06.09 г.</i>	<i>№ приказа 103</i>
Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа
Бурова И.Г.		

Иные документы об оценке качества рабочей программы учебной дисциплины

Документ об оценке качества	Дата документа	№ документа

**Утверждение рабочей программы учебной дисциплины**

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

**Внесение изменений в рабочую программу учебной дисциплины**

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа