

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Страхов С. Ю.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	15.04.06 Мехатроника и робототехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Современные робототехнические системы и комплексы
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	5	180	51	17	0	34	129	0	0	129	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**15.04.06 Мехатроника и робототехника**

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И  
РОБОТОТЕХНИКА

Чернусь Павел Павлович, к.т.н., доцент

Кафедра И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И  
РОБОТОТЕХНИКА

Чернусь Петр Павлович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-13 — способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-13**

*знания:*

знать назначение и задачи систем управления и наведения летальных аппаратов при случайных воздействиях;

знать требования, предъявляемые к системам управления и наведения летальных аппаратов при случайных воздействиях;

знать области применения задач анализа и синтеза стационарных и нестационарных систем при действии случайных возмущений;

знать принципы формирования законов управления и стабилизации летательных аппаратов различных типов при действии случайных возмущений;;

*умения:*

уметь классифицировать случайные воздействия в системах управления и наведения летальных аппаратов;

уметь выбрать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель (уравнения) управляемого движения летательных аппаратов при действии случайных возмущений;;

*навыки:*

иметь навык владения методами статистического анализа для систем управления и наведения летательных аппаратов, заданных линейными и нелинейными системами уравнений движения;

иметь навык составления стохастической линейной и нелинейной математической модели объекта исследования: системы управления или системы наведения летательного аппарата;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.04.06 Мехатроника и робототехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПРИВОДОВ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-13
5	9	Раздел 1. Элементы теории случайных процессов. 1.1. Краткие сведения о случайных процессах и их статистических характеристиках. Корреляционные функции и их свойства. 1.2. Свойства корреляционных функций стационарных случайных процессов. Спектральная плотность стационарного случайного процесса.	30	10	4	6	20	20
5	9	Раздел 2. Преобразование случайных процессов динамической системой. 2.1. Весовые функции линейных систем автоматического управления (САУ). Спектральная плотность выходного случайного сигнала линейной САУ. 2.2. Определение ошибок линейных САУ при стационарных случайных воздействиях.	32	12	4	8	20	20
5	9	Раздел 3. Основные понятия статистического синтеза САУ. 3.1. Основные понятия и определения, принятые при решении задач статистического синтеза. Критерий качества САУ. Критерии оптимальности.	36	6	2	4	30	20
5	9	Раздел 4. Синтез оптимальной САУ произвольной структуры. 4.1. Постановка задачи. Синтез оптимальной САУ без учёта требований её физической реализуемости. 4.2. Синтез физически реализуемой оптимальной САУ при произвольной структуре.	42	12	4	8	30	20
5	9	Раздел 5. Синтез оптимальной САУ при непроизвольной структуре. 5.1. Выбор оптимизируемой функции. Синтез физически реализуемой оптимальной САУ непроизвольной структуры. 5.2. Синтез оптимального регулятора воспроизводящей системы.	40	11	3	8	29	20
Всего за 9 семестр			180	51	17	34	129	100
Всего по дисциплине			180	51	17	34	129	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Элементы теории случайных процессов.	Случайные процессы и их статистические характеристики. Корреляционные функции стационарных случайных процессов	4
2		Спектральные плотности стационарных сигналов	2
3	Раздел 2. Преобразование случайных процессов динамической системой.	Спектральная плотность выходного сигнала линейной САУ	4
4		Аналитический метод расчета установившихся ошибок от помех и от задающих воздействий.	4
5	Раздел 3. Основные понятия статистического синтеза САУ.	Ошибка управления и критерий качества САУ, задачи статистического синтеза.	4
6	Раздел 4. Синтез оптимальной САУ произвольной структуры.	Синтез оптимальной САУ без учёта требований её физической реализуемости	4
7		Синтез физически реализуемой оптимальной САУ при произвольной структуре.	4
8	Раздел 5. Синтез оптимальной САУ при непроизвольной структуре.	Синтез физически реализуемой оптимальной САУ непроизвольной структуры.	4
9		Синтез оптимального регулятора воспроизводящей системы	4
Всего за 9 семестр			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Элементы теории случайных процессов.	Подготовка к лекциям и практическим работам	20
2	Раздел 2. Преобразование случайных процессов динамической системой.	Подготовка к лекциям и практическим работам	20

3	Раздел 3. Основные понятия статистического синтеза САУ.	Подготовка к лекциям и практическим работам	30
4	Раздел 4. Синтез оптимальной САУ произвольной структуры.	Подготовка к лекциям и практическим работам	30
5	Раздел 5. Синтез оптимальной САУ при непроизвольной структуре.	Подготовка к лекциям и практическим работам	29
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>129</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>9</b>				ВРЗД		ДР			Контр.Р.	ДР		Контр.Р.			Контр.Р.	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Б. П. Родин. . Спектральное разложение стационарного случайного процесса. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 70 экз.
2. В. А. Бесекеерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003, 169 экз.
3. И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 106 экз.
4. И. Л. Коробова, В. Т. Шароватов. . Прикладные методы в статистической динамике автоматических систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 49 экз.
5. С. Д. Шапоров, Б. П. Родин. . Случайные процессы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 105 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Автоматизация процессов управления.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Microsoft Office.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению **15.04.06 Мехатроника и робототехника**. Дисциплина реализуется на факультете **И Информационных и управляющих систем** БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-13 способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с использованием методов статистической динамики для анализа и синтеза мехатронных и робототехнических систем при наличии случайных воздействий, методов синтеза статистически оптимальных линейных САУ, алгоритмов расчёта статистически оптимальных регуляторов для систем с произвольной структурой.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**129 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 129 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Элементы теории случайных процессов.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим работам	И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (лек. 20 - 22) С. Д. Шапорев, Б. П. Родин. . Случайные процессы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (гл. 1 - 3) И. Л. Коробова, В. Т. Шароватов. . Прикладные методы в статистической динамике автоматических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (гл. 1 - 3) В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (гл. 11) Б. П. Родин. . Спектральное разложение стационарного случайного процесса: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (гл. 1 - 2)	20
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Преобразование случайных процессов динамической системой.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим работам	И. Л. Коробова, В. Т. Шароватов. . Прикладные методы в статистической динамике автоматических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (гл. 4, 5) И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (лек. 23, 24) С. Д. Шапорев, Б. П. Родин. . Случайные процессы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (гл. 4)	20
Итого по разделу 2		20
<b>Раздел 3. Основные понятия статистического синтеза САУ.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим работам	И. Л. Коробова, В. Т. Шароватов. . Прикладные методы в статистической динамике автоматических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (гл. 6)	30
Итого по разделу 3		30
<b>Раздел 4. Синтез оптимальной САУ произвольной структуры.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим работам	И. Л. Коробова, В. Т. Шароватов. . Прикладные методы в статистической динамике автоматических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (гл. 7)	30
Итого по разделу 4		30
<b>Раздел 5. Синтез оптимальной САУ при непроизвольной структуре.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим работам	И. Л. Коробова, В. Т. Шароватов. . Прикладные методы в статистической динамике автоматических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (гл. 8)	29

Итого по разделу 5	29
--------------------	----

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- контрольная работа;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы по разделу

Ответы на теоретические вопросы.

#### Контрольная работа

Для получения положительной оценки необходимо выполнить не менее 60% заданий. Оценка отлично ставится при выполнении 100% заданий, хорошо – не менее 80 % заданий, удовлетворительно – не менее 60%.

#### Дифференцированный зачет

Оценка может быть поставлена по результатам работы на практических занятиях и выполнения контрольных работ – «отлично», если средний балл не менее 4,5, «хорошо», если средний балл не менее 3,5 и «удовлетворительно» в остальных случаях. При сдаче зачёта оценка («хорошо» или «удовлетворительно») может быть повышена на балл при правильных ответах на все вопросы преподавателя

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-13	
5	9	Раздел 1. Элементы теории случайных процессов.	30	10	4	6	20	20	Вопросы по разделу
5	9	Раздел 2. Преобразование случайных процессов динамической системой.	32	12	4	8	20	20	Вопросы по разделу, Контрольная работа
5	9	Раздел 3. Основные понятия статистического синтеза САУ.	36	6	2	4	30	20	Контрольная работа
5	9	Раздел 4. Синтез оптимальной САУ произвольной структуры.	42	12	4	8	30	20	Контрольная работа
5	9	Раздел 5. Синтез оптимальной САУ при непроизвольной структуре.	40	11	3	8	29	20	Вопросы по разделу
Всего за 9 семестр			180	51	17	34	129	100	
Всего по дисциплине			180	51	17	34	129	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-13

#### *Вопросы открытого типа:*

- № 1 Система автоматического управления называется детерминированной, если ...
- № 2 Система называется *стохастической*, когда ...
- № 3 Оператор системы - это
- № 4 Оператор называется линейным, если ...
- № 5 Что делают помехи (возмущающие воздействия)?
- № 6 Помехи являются ...
- № 7 Внешние помехи ...
- № 8 Внутренние помехи ...
- № 9 Алгоритмом управления - это ...
- № 10 Функция распределения - это функция ...

#### *Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Математическое ожидание - это ...
- № 2 Дисперсия - это ...
- № 3 Центрированная случайная величина - это ...
- № 4 Случайным или стохастическим процессом  $X(t)$  называется:
- № 5 Реализацией называется:
- № 6 Ансамблем реализаций называется:
- № 7 Математическое ожидание случайного процесса представляет собой ...
- № 8 Дисперсия характеризует ...
- № 9 Гауссовским называется
- № 10 Корреляционной функцией называется