

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектная баллистика ракет и космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	
4	8	3	108	51	34	0	17	57	0	18	39	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Лемешонок Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА НЕСТАЦИОНАРНЫХ 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:

ПСК-2 — способность разрабатывать методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
ПСК-6 — способность разрабатывать и исследовать алгоритмы функционирования системы управления БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-2

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 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;

навыки:

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

ПСК-6

знания:

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

умения:

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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.04 *Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ БАЛЛИСТИКИ БПЛА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ОСНОВЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В БАЛЛИСТИКЕ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ НАВЫКОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ)**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности
- ОПК-6 — Способен разрабатывать физические и математические модели объектов космических и ракетно-транспортных систем, и процессов их управления
- ПСК-2 — Способен разрабатывать методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПСК-5 — Способен разрабатывать структуры систем управления БПЛА
- ПСК-6 — Способен разрабатывать и исследовать алгоритмы функционирования системы управления БПЛА

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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		ПСК-2	ПСК-6
4	8	Раздел 1. Постановка задачи статистического анализа. Модели воздействий. Прогнозируемые модели в ситуационном управлении ЛА в помеховой обстановке.	6	4	2	2	2	5	5
4	8	Раздел 2. Линейные преобразования случайных процессов. Действие линейного оператора на случайную функцию.	9	6	4	2	3	15	15
4	8	Раздел 3. Частотный метод статистического анализа. Статистический анализ стационарных систем методом моделирования. Определение математического ожидания установившейся ошибки. Определение спектральной плотности. Определение дисперсии и ковариационной функции. Аналитический метод расчета. Графоаналитический метод расчета. Примеры статистического анализа простейших стационарных систем. Формирующий фильтр. Формирующий фильтр турбулентности атмосферы.	37	17	10	7	20	20	20
4	8	Раздел 4. Статистический анализ нестационарных систем с использованием весовых функций и модели инверсно-сопряженной системы. Определение статистических характеристик выходных сигналов на основе весовых функций. Определение дисперсий случайных процессов методом инверсно-сопряженных систем.	22	10	8	2	12	20	20
4	8	Раздел 5. Метод определения корреляционных моментов. Метод интегрирования уравнений для координатных функций. Метод непрерывного определения статистических характеристик процессов с помощью интегрирования уравнений для корреляционных моментов выходных сигналов системы.	16	6	4	2	10	20	20
4	8	Раздел 6. Анализ нелинейных систем методами Монте-Карло и статистической линеаризации. Статистический анализ нелинейной системы стабилизации угла крена ЛА. Метод статистической линеаризации.	18	8	6	2	10	20	20
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Постановка задачи статистического анализа. Модели возмущений.	Определение статистических показателей качества динамики беспилотных ЛА методом статистических испытаний.	2
2	Раздел 2. Линейные преобразования случайных процессов.	Дифференцирование случайных функций. Интегрирование случайных функций.	2
3	Раздел 3. Частотный метод статистического анализа.	Определение математического ожидания установившейся ошибки. Определение спектральной плотности	1
4		Моделирование стационарных случайных процессов и определение статистических характеристик	2
5		Моделирование вертикальной турбулентности атмосферы	2
6		Статистический анализ системы стабилизации угла крена ЛА	2
7	Раздел 4. Статистический анализ нестационарных систем с использованием весовых функций и модели инверсно-сопряженной системы.	Исследование точности нестационарной системы на основе моделирования инверсно-сопряженной системы	2
8	Раздел 5. Метод определения корреляционных моментов. Метод интегрирования уравнений для координатных функций.	Статистический анализ линейных систем методом интегрирования уравнений для координатных функций	2

9	Раздел 6. Анализ нелинейных систем методами Монте-Карло и статистической линеаризации.	Коэффициенты статистической линеаризации. Статистический анализ нелинейной системы стабилизации	2
Всего за 8 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Постановка задачи статистического анализа. Модели воздействий.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	2
2	Раздел 2. Линейные преобразования случайных процессов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	3
3	Раздел 3. Частотный метод статистического анализа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	20
4	Раздел 4. Статистический анализ нестационарных систем с использованием весовых функций и модели инверсно-сопряженной системы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	12
5	Раздел 5. Метод определения корреляционных моментов. Метод интегрирования уравнений для координатных функций.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	10
6	Раздел 6. Анализ нелинейных систем методами Монте-Карло и статистической линеаризации.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	10
Всего за 8 семестр			57

3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Исследование рассеивания неуправляемого ЛА в турбулентной атмосфере. 1.1. Моделирование номинальной траектории. 1.2. Моделирование движения БПЛА в вертикальной плоскости с учетом турбулентности атмосферы. Число испытаний N=100, 250, 500. Привести гистограммы распределения промаха для различного числа испытаний, «пучок траекторий». Найти оценки математического ожидания, дисперсии промаха.	1 - 9	9
Этап 2. 2. Исследование динамики самонаведения ЛА на цель в турбулентной атмосфере с учетом ошибки в работе чувствительного элемента ГСН. 2.1. Моделирование номинальной траектории. 2.2. Моделирование самонаведения БПЛА на цель в вертикальной плоскости с учетом турбулентности атмосферы. Число испытаний N=100, 250, 500. Привести гистограммы распределения промаха для различного числа испытаний, «пучок траекторий». Найти оценки математического ожидания, дисперсии промаха. 2.3. Моделирование самонаведения БПЛА на цель в вертикальной плоскости с учетом турбулентности	10 - 16	9

атмосферы и с учетом ошибок в работе чувствительного элемента ГСН. Число испытаний N=100, 250, 500. Привести гистограммы распределения промаха для различного числа испытаний, «пучок траекторий». Найти оценки математического ожидания, дисперсии промаха.		
Всего за 8 семестр		18

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
8			ТекК		Отч. по ПЗ		ДР		ТекК	КР	ДР	Отч. по ПЗ				ТекК	Отч. по ПЗ		ДР	КР

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- КР – курсовая работа.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- курсовая работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. А. С. Шалыгин, В. А. Санников. . Устойчивость динамических систем автоматического управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
3. А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 2012, 50 экз.
4. А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 2012, эл. рес.
5. Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 2002, 12 экз.
6. И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 44 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1985, 2 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://ura1t.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 - 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 R 2015a.

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. MATLAB R 2015a.

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 НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-2 способность разрабатывать методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов;

ПСК-6 способность разрабатывать и исследовать алгоритмы функционирования системы управления БПЛА.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами исследования, расчета и решения задач анализа и синтеза нестационарных систем при действии случайных возмущений. Рассматриваются принципы формирования законов управления и стабилизации летательных аппаратов различных типов при действии случайных возмущений; принципы и математические модели систем наведения и стабилизации летательных аппаратов различных типов при случайных воздействиях.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- курсовая работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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.
Раздел 1. Постановка задачи статистического анализа. Модели воздействий.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	<p>А. С. Шалыгин, В. А. Санников. . Устойчивость динамических систем автоматического управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1)</p> <p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)</p> <p>А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 2012 (10)</p> <p>А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 2012 (10)</p>	2
Итого по разделу 1		2
Раздел 2. Линейные преобразования случайных процессов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2002 (15)</p> <p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2)</p> <p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1)</p>	3
Итого по разделу 2		3
Раздел 3. Частотный метод статистического анализа.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1,2)</p> <p>А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А.</p>	20

	<p>Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 2012 (11)</p> <p>И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2,3)</p> <p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)</p>	
Итого по разделу 3		20
Раздел 4. Статистический анализ нестационарных систем с использованием весовых функций и модели инверсно-сопряженной системы.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab.Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3)</p> <p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)</p> <p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (2)</p> <p>А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 2012 (11,13)</p>	12
Итого по разделу 4		12
Раздел 5. Метод определения корреляционных моментов. Метод интегрирования уравнений для координатных функций.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab.Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)</p> <p>И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3)</p>	10
Итого по разделу 5		10
Раздел 6. Анализ нелинейных систем методами Монте-Карло и статистической линеаризации.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab.Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)</p> <p>А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 2012 (10-16)</p> <p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 2012 (10-16)</p>	10

	<p>Машиностроение, 1985 (2)</p> <p>И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3)</p>	
Итого по разделу 6		10

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- курсовая работа;
- отчет по практическому заданию;
- экзамен.

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 для текущего контроля

Студенту предлагается три вопроса по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ.

Вопросы для текущего контроля приведены в УМК дисциплины.

Курсовая работа

Перечень тем курсовых проектов представлен в УМК дисциплины.

Курсовой проект представляется в печатном виде в формате, соответствующим «Положению по содержанию, оформлению, организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ БГТУ». Курсовая работа не может быть принята и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов.

Защита курсовой работы проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Оценка за курсовую работу проставляется по пятибалльной системе:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КР, и ответил на все вопросы преподавателя, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КР;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КР, и ответил на 50% вопросов преподавателя, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КР;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КР, но не ответил на вопросы преподавателя, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КР.

Отчет по практическому заданию

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

При оформлении отчета практических заданий требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

- В начале описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.
 - Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.
 - Табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.
 - При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ.
 - По каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.
- Отчет по ПЗ допускается к защите, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

Отчет по ПЗ считается принятым в случае, если оформление отчета соответствует указанным требованиям, и студент ответил не менее чем на 60% вопросов преподавателя по теме ПЗ.

Экзамен

Допуск к экзамену оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Экзамен проводится в форме ответов на два вопроса экзаменационного билета. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины.

Итоги сдачи экзамена оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – удовлетворительно;
- неправильные ответы и не готовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.

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		ПСК-2	ПСК-6	
4	8	Раздел 1. Постановка задачи статистического анализа. Модели воздействий.	6	4	2	2	2	5	5	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 2. Линейные преобразования случайных процессов.	9	6	4	2	3	15	15	Вопросы для текущего контроля, Курсовая работа
4	8	Раздел 3. Частотный метод статистического анализа.	37	17	10	7	20	20	20	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 4. Статистический анализ нестационарных систем с использованием весовых функций и модели инверсно-сопряженной системы.	22	10	8	2	12	20	20	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 5. Метод определения корреляционных моментов. Метод интегрирования уравнений для координатных функций.	16	6	4	2	10	20	20	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 6. Анализ нелинейных систем методами Монте-Карло и статистической линеаризации.	18	8	6	2	10	20	20	Вопросы для текущего контроля, Курсовая работа, Отчет по практическому заданию
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-2

<i>Вопросы открытого типа:</i>	
№ 1	<p>Как называется уравнение</p> $\frac{d}{dt}y(t) + \alpha y(t) = \sqrt{2\alpha D_y} \xi(t)$
№ 2	Верно ли, что корреляционная функция и спектральная плотность стационарного случайного процесса связаны между собой взаимно обратными косинус-преобразованиями Фурье.
№ 3	Верно ли, что корреляционная функция и спектральная плотность стационарного случайного процесса связаны между собой взаимно обратными синус-преобразованиями Фурье.
№ 4	Верно ли, что для того чтобы при стационарном воздействии реакция системы могла быть тоже стационарной, необходимо, чтобы параметры системы были постоянными.
№ 5	В чем заключается эргодическое свойство стационарного случайного процесса?
№ 6	Что характерно для стационарного случайного процесса?
№ 7	Какой случайный процесс называется Марковским?
№ 8	Какой случайный процесс называется нормальным?
№ 9	Чем характеризуется стационарный случайный процесс в узком смысле?
№ 10	Чему равна полная площадь, ограниченная графиком нормированной спектральной плотности?
<i>Вопросы закрытого типа:</i>	
№ 1	<p>Выберете верные характеристики стационарного белого шума:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. стационарный белый шум - стационарный случайный процесс b. спектральная плотность постоянна c. спектральная плотность переменная d. корреляционная функция равна $2 \cdot \pi \cdot S_0 \cdot \delta(\tau)$ e. корреляционная функция равна $2 \cdot \pi \cdot \delta(\tau)$
№ 2	<p>Что называется каноническим разложением случайного процесса?</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Представление случайного процесса в виде суммы ее математического ожидания и взаимно некоррелированных элементарных случайных функций. b. Представление случайного процесса через совместные плотности распределения вероятности, определяющиеся как нормальные (гауссовы) законы распределения. c. Представление случайного процесса в виде суммы ее математического ожидания и случайных величин. d. Представление стационарного случайного процесса через тригонометрические функции синуса и косинуса в виде бесконечной суммы гармоник различной частоты со случайными амплитудами, имеющими нулевые математические ожидания и заданные дисперсии. e. Представление случайного процесса в виде суммы ее математического ожидания.
№ 3	Что показывает квадрат модуля частотной характеристики?

- a. как реагирует система на колебания той или иной частоты
- b. как частоты усиливаются
- c. как частоты ослабляются
- d. спектр линейной системы
- e. нет верного ответа
- № 4 Если на вход линейной системы с постоянными параметрами поступает гармоническое колебание вида
- $$e^{i\omega t}$$
- , то реакция системы представляется в виде:
- a. того же гармонического колебания, умноженного на частотную характеристику системы
- b. того же гармонического колебания, поделенного на частотную характеристику системы
- c. того же гармонического колебания, умноженного на математическое ожидание входного сигнала
- d. того же гармонического колебания, умноженного на спектральную плотность входного сигнала
- № 5 Что такое случайный процесс?
- a. Случайным процессом называется случайная функция, аргументом которой является время.
- b. Случайным процессом называется функция, аргументом которой является случайная величина.
- c. Случайным процессом называется совокупность случайных величин.
- d. Случайным процессом называется функция, выходные значения которой однозначно зависят от аргумента
- e. Случайным процессом называется сумма случайных величин.
- № 6 Для определения дисперсии выходного сигнала во временном представлении необходимо знать:
- a. весовую функцию
- b. математическое ожидание входного сигнала
- c. корреляционную функцию входного сигнала
- d. дисперсию входного сигнала
- e. спектральную плотность входного сигнала
- f. спектральную плотность выходного сигнала
- № 7 Для определения корреляционной функции и дисперсии выходного сигнала устойчивой линейной стационарной системы в установившемся режиме при стационарном случайном входном сигнале в частотном представлении необходимо знать:
- a. производные математического ожидания входного сигнала
- b. передаточную функцию системы
- c. спектральную плотность входного сигнала

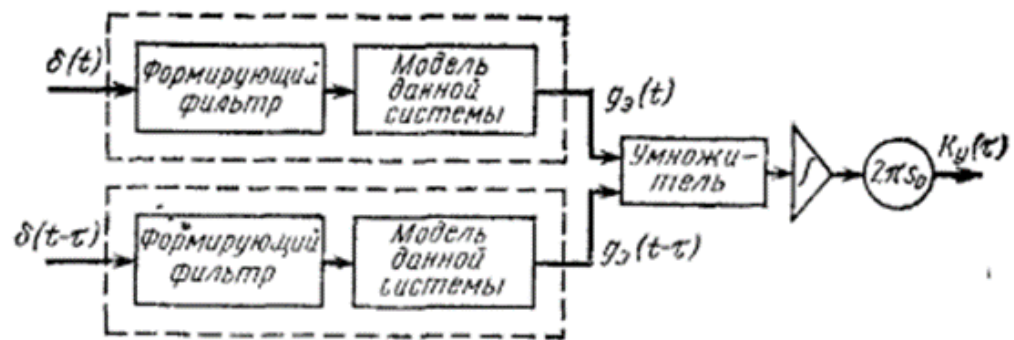
- d. частотную характеристику системы
- e. дисперсию выходного сигнала
- f. корреляционную функцию входного сигнала
- g. корреляционную функцию выходного сигнала
- h. дисперсию входного сигнала
- № 8 Для определения математического ожидания и спектральной плотности выходного сигнала устойчивой линейной стационарной системы в установившемся режиме при стационарном случайном входном сигнале в частотном представлении необходимо знать:
- a. производные математического ожидания входного сигнала
- b. передаточную функцию системы
- c. спектральную плотность входного сигнала
- d. частотную характеристику системы
- e. дисперсию выходного сигнала
- f. корреляционную функцию входного сигнала
- g. корреляционную функцию выходного сигнала
- h. дисперсию входного сигнала
- № 9 Для определения математического ожидания и корреляционной функции выходного сигнала во временном представлении необходимо знать:
- a. весовую функцию
- b. математическое ожидание входного сигнала
- c. корреляционную функцию входного сигнала
- d. дисперсию входного сигнала
- e. дисперсию выходного сигнала
- f. спектральную плотность входного сигнала
- g. спектральную плотность выходного сигнала
- № 10 Какой случайный процесс называется стационарным?
- a. Случайный процесс называется стационарным, если все вероятностные характеристики случайного процесса не зависят от времени.
- b. Если совместные плотности распределения вероятности случайного процесса имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.
- c. Это случайный процесс, поведение которого в последующий момент времени определяется только его текущим состоянием и не зависит от предыстории.
- d. Среднее значение по любому сечению случайного процесса можно заменить на среднее значение по одной достаточно продолжительной реализации.
- e. Случайный процесс называется стационарным, если все вероятностные характеристики случайного процесса зависят от времени.

ПСК-6

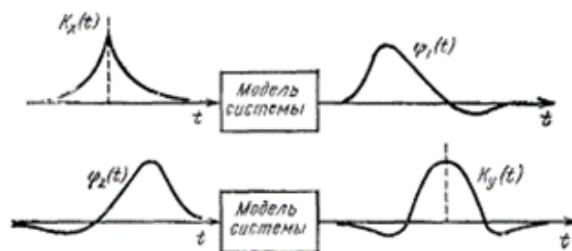
Вопросы открытого типа:

- № 1 Почему невозможно реализовать на практике случайный процесс в виде белого шума?
- № 2 Что такое элементарная случайная функция?

- № 3 На какие группы делятся все случайные факторы?
- № 4 На рисунке приведена схема моделирования для определения корреляционной функции выходного сигнала. Какой метод она описывает?



- № 5 На рисунке приведена схема моделирования для определения корреляционной функции выходного сигнала. Какой метод она описывает?



- № 6 Верно ли утверждение, что математическое ожидание интеграла от случайной функции равно интегралу от ее математического ожидания?
- № 7 Верно ли утверждение, что математическое ожидание производной от случайной функции не равно производной от ее математического ожидания?
- № 8 Верно ли утверждение, что при сложении двух случайных функций их математические ожидания складываются?
- № 9 Верно ли утверждение, что при сложении некоррелированных случайных функций их корреляционные функции перемножаются?
- № 10 Математическое ожидание СП $X(t)$ равно $m_X(t)=t+2$, математическое ожидание СП $Y(t)$ равно $m_Y(t)=-t+3$. Найти математическое ожидание СП $Z(t)=X(t)+Y(t)$.

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Составьте схему стационарной эквивалентной системы:
- белый шум - формирующий фильтр - $X(t)$ - данная система- $Y(t)$
 - формирующий фильтр - белый шум - $X(t)$ - данная система- $Y(t)$
 - данная система - белый шум - формирующий фильтр - $X(t)$ - $Y(t)$
 - белый шум- $X(t)$ - формирующий фильтр - данная система- $Y(t)$
 - $X(t)$ - Белый шум- формирующий фильтр - данная система- $Y(t)$
- № 2 Какой случайный процесс называется Марковским?
- Это случайный процесс, поведение которого в последующий момент времени определяется только его текущим состоянием и не зависит от предыстории.
 - Случайный процесс, в котором все вероятностные характеристики не зависят от времени.
 - Если совместные плотности распределения вероятности случайного процесса имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.
 - Нет правильного ответа

е. Если совместные плотности распределения вероятности случайного процесса не имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.

№ 3 Что такое стохастическая модель движения ЛА?

- а. Если в модели движения ЛА все величины являются детерминированными.
- б. Если в модели движения ЛА среди величин имеются случайные, то есть определяемые, лишь некоторыми вероятностными характеристиками.
- с. Если в модели движения ЛА все величины изменяются по соотношениям, определенным однозначно.
- д. Если в модели движения ЛА все фазовые координаты являются детерминированными.
- е. Если в модели движения ЛА все фазовые координаты и все величины являются детерминированными.

№ 4 Что определяет функция распределения?

- а. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина X примет одно из значений некоторого отрезка $[a, b]$
- б. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина X примет значение, меньшее x , где x — произвольное действительное число.
- с. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина X не примет одно из значений некоторого отрезка $[a, b]$
- д. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина X примет значение, большее или равное x , где x — произвольное действительное число.
- е. Нет правильного ответа

№ 5 Что определяет дисперсия (центральный момент 2 порядка) случайной величины?

- а. Рассеивание значений случайной величины относительно её математического ожидания.
- б. Максимально возможное значение случайной величины
- с. Среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины при большом числе опытов.
- д. Среднеквадратическое отклонение случайной величины относительно её математического ожидания.
- е. Минимально возможное значение случайной величины

№ 6 Чем корреляционный момент отличается от ковариации?

- а. ковариация показывает только связь между случайными величинами, в то время как корреляционный момент показывает и связь между величинами и их рассеивание
- б. ничем, это одно и то же
- с. ковариация показывает только рассеивание, в то время как корреляционный момент показывает и связь между величинами и их рассеивание
- е. нет правильного ответа

№ 7 Чем характеризуется дискретная случайная величина?

- а. функцией распределения
- б. рядом распределения
- с. плотностью вероятности
- д. математическим ожиданием

- е. дисперсией
- № 8 К какому виду процесса относится белый шум?
- а. абсолютно случайный процесс
 - б. процесс с независимыми приращениями
 - в. марковский процесс
 - г. гауссовский случайный процесс
 - е. нет верного определения
- № 9 Спектральная плотность белого шума нестационарного случайного процесса
- а. постоянна
 - б. переменна
 - в. зависит от корреляционной функции случайного процесса
 - г. зависит от дисперсии случайного процесса
 - е. нет верного ответа
- № 10 Почему невозможно реализовать на практике случайный процесс в виде белого шума?
- а. Дисперсия белого шума стремится к бесконечности.
 - б. Дисперсия белого шума стремится к нулю.
 - в. Интенсивность белого шума стремится к бесконечности.
 - г. Спектральная плотность белого шума стремится к бесконечности.
 - е. Математическое ожидание белого шума стремится к нулю.