МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории радиосистем и комплексов управления

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные системы космических комплексов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	34	34	часов
2	Практические занятия	16	16	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	66	66	часов
5	Самостоятельная работа	42	42	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 37287

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 12 от « 4 » 7 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 11.08.2016 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «_04__» __07._____ 2018_ года, протокол №___12___.

Разработчик:

профессор кафедры каф. РТС	_____	В. И. Тисленко
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	_____	С. В. Мелихов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ	_____	К. Ю. Попова
Заведующий выпускающей каф. РТС	_____	С. В. Мелихов

Эксперты:

Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС)	_____	В. А. Громов
Старший преподаватель кафедры радиотехнических систем (РТС)	_____	Д. О. Ноздреватых

Согласована на портале № 37287

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

состоит в изучении принципов построения, функционирования и основ проектирования систем радиоуправления подвижными объектами и входящих в их состав радиосредств.

1.2. Задачи дисциплины

– формирование знаний, умений и навыков, позволяющих самостоятельно применять положения теории автоматического управления к радиосистем управления подвижными объектами;

– изучение методов анализа, синтеза структурных и функциональных схем радиосистем управления ;

– изучение особенностей построения, условий функционирования радиоустройств систем управления и их показателей качества

–

– Основными задачами дисциплины являются: изучение структурных схем радиосистем управления и особенностей взаимодействия, входящих в них подсистем, при типовых способах управления и методах наведения; изучение физических процессов в типовых системах наведения и влияние технических параметров подсистем на показателями эффективности комплекса радиоуправления;

– изучение основ статистического синтеза оптимальных систем управления.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы теории радиосистем и комплексов управления» (Б1.В.ОД.8) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств, Основы теории радиолокационных систем и комплексов, Основы теории радионавигационных систем и комплексов, Радиоавтоматика, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Вторичная обработка радиолокационной информации, Научно-исследовательская работа студента, Проектирование радиотехнических систем.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования;

– ПСК-1.3 способностью разрабатывать алгоритмы обработки радиолокационной информации;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** общие принципы построения типовых систем радиоуправления, способы управления и методы наведения; структурный состав систем радиоуправления и их особенности при различных методах наведения; источники погрешностей наведения в типовых системах радиоуправления, критерии и показатели эффективности этих систем

– **уметь** собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию с учетом требований к тактико-техническим показателям радиоэлектронных систем и комплексов управления подвижными объектами; выполнять анализ состояния научно-технической проблемы с использованием специальной литературы , определять цели и выполнять постановку задач проектирования; анализировать требования, предъявляемые к аппаратуре радиоэлектронных систем и комплексов управления при решении различных практических задач;

– **владеть** терминологией в области радиоэлектронных систем и комплексов управления ; навыками проектирования современных радиоэлектронных систем и комплексов управления и их подсистем;

Согласована на портале № 37287

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	66	66
Лекции	34	34
Практические занятия	16	16
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	42	42
Оформление отчетов по лабораторным работам	4	4
Проработка лекционного материала	18	18
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	20	20
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	рак. зан	б. раб.,	м. раб.,	в (без	ируемые ком
8 семестр						
1 Введение. Общие сведения о беспилотных управляемых объектах. Радиосистемы управления атмосферными летательными аппаратами.	3	2	0	6	11	ПК-1
2 Управляемый объект, как звено системы автоматического регулирования. Контур следящего управления и его основные звенья.	3	4	6	7	20	ПК-1, ПСК-1.3
3 Общие сведения о методах синтеза и анализа систем радиоуправления в пространстве состояния	8	4	0	9	21	ПК-1, ПСК-1.3
4 Системы радиотехнического и теплового самонаведения	4	2	6	4	16	ПК-1, ПСК-1.3
5 Система наведения по радиозоне (радиотеленаведение).	4	0	4	4	12	ПК-1, ПСК-1.3
6 Системы командного следящего управления.	4	2	0	4	10	ПК-1, ПСК-1.3
7 Системы автономного радиоуправления.	4	2	0	4	10	ПК-1, ПСК-1.3

Согласована на портале № 37287

8 Радиоуправление космическими аппаратами.	2	0	0	2	4	ПК-1, ПСК-1.3
9 Проектирование радиосредств систем управления.	2	0	0	2	4	ПК-1, ПСК-1.3
Итого за семестр	34	16	16	42	108	
Итого	34	16	16	42	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, час	Формы текущего контроля
8 семестр			
1 Введение. Общие сведения о беспилотных управляемых объектах. Радиосистемы управления атмосферными летательными аппаратами.	Задачи курса. Исторический обзор развития средств управления беспилотными летательными аппаратами. Вклад русских и зарубежных ученых в развитие теории и техники радиоуправления. Классификация объектов управления.Способы управления атмосферными объектами. Автономное управление. Самонаведение. Командное управление. Радиотеленаведение. Комбинированное управление. Краткая характеристика способов управления.Объекты управления (ОУ) и методы их наведения. Двухточечные методы наведения. Метод пропорционального сближения, метод наведения по кривой погони, метод прямого наведения, метод параллельного сближения. Трехточечный метод наведения: метод совмещения.	3	ПК-1
	Итого	3	
2 Управляемый объект, как звено системы автоматического регулирования. Контур следящего управления и его основные звенья.	Способы создания управляющих сил при различных аэродинамических схемах ОУ. Измерительная, командная и исполнительная системы координат. Контур следящего управления и его основные звенья. Управление пространственным движением ОУ. Передаточная функция ОУ.Автопилот (АП) и звено «АП-ОУ». Общая функциональная схема радиоэлектронной системы управления (РЭСУ).	3	ПК-1
	Итого	3	
3 Общие сведения о методах синтеза и анализа систем радиоуправления в пространстве состояния	Математические модели процессов и объектов в простран-стве состояний замкнутой системы управления. Постановка задачи синтеза оптимальной системы радиоуправления в пространстве состояний. Критерии и показатели эффектив-ности – интегральный квадратичный функционал качества Летова-Калмана; локальный функционал качества. необхо-димые условия синтеза РЭСУ: наблюдаемость и управляе-мость динамических систем.Структура алгоритма оптимального управления в линейной гауссовской задаче оптимизации с квадратичным критерием	8	ПК-1, ПСК-1.3

Согласована на портале № 37287

	качества. Особенности синтеза нестационарных РЭСУ. Совместная фильтрация и параметрическая идентификация. Обобщенная структурная схема оптимальной РЭСУ.Точность РЭСУ. Классификация ошибок управления и показатели точности. Причины появления ошибок управления и промахов.Потенциальная точность оптимальной РЭСУ. Методика расчета динамических и флуктуационных ошибок систем управления. Проектирование РЭСУ с использованием имитационных моделей на ЭВМ.		
	Итого	8	
4 Системы радиотехнического и теплового самонаведения	Виды систем. Структурные схемы головок самонаведения: активные, полуактивные, пассивные. Схемы угломерных головок самонаведения. Модели контуров самонаведения. Модели радиосредств и помех в контурах самонаведения. Аналитические методы исследования контуров самонаведения. Моделирование контура самонаведения. Тактико-технические показатели радиоэлектронных систем самонаведения: дальность, разрешающая способность по координатам, точность.	4	ПК-1, ПСК-1.3
	Итого	4	
5 Система наведения по радиозоне (радиотеленаведение).	Принципы построения систем радиотеленаведения. Система наведения по радиолучу. Радиолиния управления в радиолуче. Структурная схема контура радиотеленаведения. Передаточные функции основных звеньев контура радиотеленаведения.Источники ошибок при радиотеленаведении. Оценка точности систем радиотеленаведения. Дальность радиотеленаведения.	4	ПК-1, ПСК-1.3
	Итого	4	
6 Системы командного следящего управления.	Радиосредства систем командного следящего управления. Координаты систем командного управления при наведении методом совмещения и параллельного сближения. Функциональные и структурные схемы.Командная радиолиния. Командная радиолиния как звено системы следящего радиоуправления.Функциональные схемы и оценка точности командных систем. Ошибки при командном управлении. Дальность действия.	4	ПК-1
	Итого	4	
7 Системы автономного радиоуправления.	Классификация систем автономного управления. Измерительные устройства систем автономного радиоуправления: радиовысотомеры и радиодальномеры; доплеровский и корреляционный измерители скорости. Обзорные бортовые РЛС. Пассивные автономные	4	ПК-1, ПСК-1.3

Согласована на портале № 37287

	радиосистемы. Системы автономного радиоуправления с распознаванием образов. Полуавтономные системы радиоуправления с использованием спутниковых радионавигационных систем.		
	Итого	4	
8 Радиоуправление космическими аппаратами.	Командно-измерительные комплексы космических радиосистем управления. Классификация и особенности радиоуправления КА. Функциональная и структурная схема системы управления КА.Краткая характеристика и сравнение способов управления. Бортовой и наземный сегмент комплексов радиоуправления КА. Особенности использования радиотехнических систем в наземных комплексах контроля траекторий и управления движением КА.	2	ПК-1, ПСК-1.3
	Итого	2	
9 Проектирование радиосредств систем управления.	Радиосистемы управления и их проектирование. Основные этапы проектирования и их содержание. Проектирование радиосистем управления с использованием имитационных моделей.	2	ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		34	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины									
1 Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств									+
2 Основы теории радиолокационных систем и комплексов				+	+	+	+	+	
3 Основы теории радионавигационных систем и комплексов							+	+	
4 Радиоавтоматика		+		+	+	+	+		
5 Физика	+	+							
Последующие дисциплины									
1 Вторичная обработка радиолокационной				+	+	+	+	+	

Согласована на портале № 37287

информации									
2 Научно-исследовательская работа студента				+	+	+	+	+	
3 Проектирование радиотехнических систем				+	+	+	+	+	

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Практ. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Домашнее задание, Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПСК-1.3	+	+		+	Домашнее задание, Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Управляемый объект, как звено системы автоматического регулирования. Контур следящего управления и его основные звенья.	Исследование процессов в системах управления .	6	ПК-1
	Итого	6	
4 Системы радиотехнического и теплового самонаведения	Синтез и исследование оптимальной системы управления ракетой в режиме самонаведения	6	ПК-1
	Итого	6	
5 Система наведения по радиозоне (радиотеленаведение).	Угломерная следящая система с коническим сканированием диаграммы направленности.	4	ПК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)	Формируемые компетенции

Согласована на портале № 37287

8 семестр			
1 Введение. Общие сведения о беспилотных управляемых объектах. Радиосистемы управления атмосферными летательными аппаратами.	Способы управления и методы наведения. Кинематические звенья радиоэлектронных систем управления.	2	ПК-1
	Итого	2	
2 Управляемый объект, как звено системы автоматического регулирования. Контур следящего управления и его основные звенья.	Динамические характеристики звеньев в замкнутом контуре радиоэлектронной системы управления.	4	ПК-1, ПСК-1.3
	Итого	4	
3 Общие сведения о методах синтеза и анализа систем радиоуправления в пространстве состояния	Основы статистической теории оптимального управления динамическим объектом.	4	ПК-1, ПСК-1.3
	Итого	4	
4 Системы радиотехнического и теплового самонаведения	Радиоэлектронные системы управления в режиме самонаведения.	2	ПК-1, ПСК-1.3
	Итого	2	
6 Системы командного следящего управления.	Радиоэлектронные системы управления в режиме следящего управления.	2	ПК-1, ПСК-1.3
	Итого	2	
7 Системы автономного радиоуправления.	Радиоэлектронные системы управления в режиме автономного управления.	2	ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		16	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость,	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Введение. Общие сведения о беспилотных управляемых объектах. Радиосистемы управления атмосферными летательными аппаратами.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	6		
2 Управляемый объект, как звено системы	Подготовка к практическим занятиям,	4	ПК-1	Домашнее задание, Опрос на занятиях, Тест,

Согласована на портале № 37287

автоматического регулирования. Контур следящего управления и его основные звенья.	семинарам			Экзамен
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	7		
3 Общие сведения о методах синтеза и анализа систем радиоуправления в пространстве состояния	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ПК-1, ПСК-1.3	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	9		
4 Системы радиотехнического и теплового самонаведения	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПСК-1.3	Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	4		
5 Система наведения по радиозоне (радиотеленаведение).	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПСК-1.3	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	4		
6 Системы командного следящего управления.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1	Домашнее задание, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
7 Системы автономного радиоуправления.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПСК-1.3	Домашнее задание, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
8 Радиоуправление космическими аппаратами.	Проработка лекционного материала	2	ПК-1, ПСК-1.3	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	2		
9 Проектирование радиосредств систем управления.	Проработка лекционного материала	2	ПК-1, ПСК-1.3	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	2		
Итого за семестр		42		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		78		

Согласована на портале № 37287

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
8 семестр				
Домашнее задание	7	7	8	22
Конспект самоподготовки	6	6	6	18
Опрос на занятиях	6	6	8	20
Отчет по лабораторной работе		5	5	10
Итого максимум за период	19	24	27	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	19	43	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

Согласована на портале № 37287

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Радиосистемы управления: учебник для вузов / В. А. Вейцель [и др.]; ред. В. А. Вейцель. - М.: Дрофа, 2005. - 416 с.: ил. - (Высшее образование. Радиотехнические системы). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 5-7107-6968-1 (наличие в библиотеке ТУСУР - 72 экз.)
2. Авиационные системы радиоуправления: в 3 т. / ред. А. И. Канащенков, ред. В. И. Меркулов. Т. 3: Системы командного радиоуправления. Автономные и комбинированные си-стемы наведения / В. И. Меркулов [и др.]. - М.: Радиотехника, 2004. - 317[3] с.: ил. - Биб-лиогр.: с. 313-317. - ISBN 5-93108-037-6 (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Авиационные системы радиоуправления: в 3 т. / ред. А. И. Канащенков, ред. В. И. Меркулов. - М.: Радиотехника, 2003 - (Авиационные системы радиоуправления). Т. 1: Принципы построения систем радиоуправления. Основы синтеза и анализа / В. И. Меркулов [и др.]. - М.: Радиотехника, 2003. - 190[2] с.: ил. - Библиогр.: с. 187-190. - ISBN 5-93108-035-х (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)
2. Авиационные системы радиоуправления: в 3 т. / ред. А. И. Канащенков, ред. В. И. Меркулов. - М.: Радиотехника, 2003 - (Авиационные системы радиоуправления). Т. 2: Радиоэлектронные системы самонаведения / В. И. Меркулов [и др.]. - М.: Радиотех-ника, 2003. - 389[3] с.: ил. - Библиогр.: с. 385-389. - ISBN 5-93108-036-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)
3. Перов, Александр Иванович. Статистическая теория радиотехнических систем: Учебное пособие для вузов / А. И. Перов. - М.: Радиотехника, 2003. - 398[2] с.: ил. - (Учебное посо-бие). - Библиогр.: с. 398. - ISBN 5-93108-047-3 (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Радиосистемы управления: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам по курсу / Тисленко В. И., Ворошилина Е. П., Савин А. А. - 2011. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2121 (дата обращения: 05.07.2018).
2. Математические модели динамических систем в форме уравнений для переменных состояния: Учебно-методическое пособие к практическим работам по теме «Математические модели динамических систем» по курсу «Радиосистемы управления» / Тисленко В. И. - 2011. 44 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2126 (дата обращения: 05.07.2018).
3. Прием и обработка сигналов: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов (СРС) / Шостак А. С. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1809 (дата обращения: 05.07.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ

Согласована на портале № 37287

https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория радиоэлектронных систем передачи информации

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 401 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер (8 шт.);
- Монитор (19” SAMSUNG 1730S) (8 шт.);
- Клавиатура (8 шт.);
- Мышь (оптическая) (8 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– PTC Mathcad13, 14

Лаборатория группового проектного обучения / Лаборатория радиоэлектронных средств защиты телекоммуникационных систем

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 406 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Сканер Canon CanoScan LidelOO USB;
- Генератор Г4-218 ВЧ сигналов;
- Генератор ГЗ-109;
- Генератор Г4-144;
- Генератор Г5-63 (№24029);
- Генератор Г5-63 (№26448);
- Рабочие станции на базе процессора Pentium-4 (12 шт.);
- Линейный источник питания HY3003;
- Линейный источник питания HY3003;
- Паяльная станция Quick 936 ESD;
- Цифровой анализатор спектра GSP-810;
- Цифровой генератор сигналов ГСС-80;
- Цифровой осциллограф EZ Digital DS 1150;
- Рабочее место регулировщика С4-1200Р;
- Рабочее место регулировщика С4-1200Р;
- Измеритель ИККПО «Обзор-304/1»;
- Многофункциональный измерительно-вычислительный комплекс National Instruments;
- Анализатор спектра N9000F-CFG005;
- Отладочный модуль Instant SDR Kit;

Согласована на портале № 37287

- Осциллограф MSOX3054A;
- Принтер лазерный HP LaserJet P2035;
- Рабочие станции на базе процессора Pentium - i5 (12 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– PTC Mathcad13, 14

Учебная лаборатория информационных технологий

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– PTC Mathcad13, 14

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория радиоэлектронных систем передачи информации

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 401 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер (8 шт.);
- Монитор (19” SAMSUNG 1730S) (8 шт.);
- Клавиатура (8 шт.);
- Мышь (оптическая) (8 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– PTC Mathcad13, 14

Учебная лаборатория информационных технологий

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);

Согласована на портале № 37287

- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– PTC Mathcad13, 14

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

Согласована на портале № 37287

14.1.1. Тестовые задания

1. Вопрос. Вектор состояния управляемого динамического объекта (самолета, ракеты и т.д.) – это есть:

1. совокупность переменных величин, знание которых на k-ом временном шаге минимально достаточно, чтобы найти все будущие значения состояния объекта.
2. совокупность функций времени, объединенных в вектор, характеризующий объект управления.
3. совокупность переменных во времени величин, которые определяют объект.
4. вектор, определяющий координаты объекта в пространстве.

2. Вопрос. При использовании способа командного радиоуправления (КРУ 1) на борту ракеты расположен:

1. передатчик команд управления.
2. приемник команд управления.
3. приемо-передатчик.
4. бортовая ЭВМ формирования команд управления.

3. Вопрос. Наземный комплекс радиосредств при командном способе управления (КРУ-1) состоит из:

1. РЛС измерения состояния ракеты.
2. РЛС измерения состояния цели.
3. Системы связи для передачи команд управления на борт.
4. РЛС контроля ракеты, РЛС контроля цели, ЭВМ формирования команд управления, радиолиния передачи команд.

4.Вопрос. Радиоуправление по способу КРУ-2 предполагает наличие:

1. на борту ракеты системы измерения состояния цели и эти данные по каналу передачи поступают в пункт управления, где формируются команды управления.
2. системы формирования команд управления на борту управляемого объекта (УО).
3. на командном пункте управления системы формирования сигналы команд управления.
4. команды управления формируются как на борту (УО), так и на командном пункте.

5. Вопрос. При наведении УО на объект с известными заведомо координатами целесообразно применить способ управления:

1. самонаведение.
2. командное управление КРУ -1.
3. радиотеленаведение в луче.
4. автономное управление.

6. Вопрос . Какой метод наведения обеспечивает более гладкие (с меньшей перегрузкой) траектории движения УО при наведении на маневрирующую цель:

1. Прямой метод наведения.
2. Метод кривой погони.
3. Метод параллельного сближения.

Согласована на портале № 37287

4. Метод пропорционального наведения.

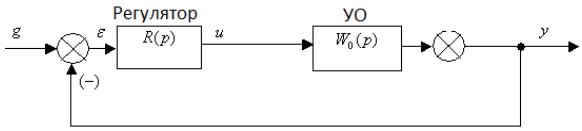
7. Вопрос. Управление полетом УО (ракеты) предполагает управление:

1. Величиной его скорости движения.
2. Величиной продольной скорости движения.
3. Направлением вектора скорости движения ракеты.
4. Величиной и направлением вектора полной скорости ракеты.

8. Вопрос. Обеспечение устойчивости замкнутого контура управления ракетой, стабилизация в полете его динамических характеристик достигаются:

1. С помощью автопилота, являющегося звеном (регулятором) в замкнутом контуре управления и введения обратных связей, обеспечивающих заданное качество переходных процессов по углам отклонения и наклона траектории.
2. Путем изменения в полете аэродинамических характеристик УО.
3. Введением жесткой обратной связи по угловому положению корпуса УО.
4. Путем обужения частотной полосы замкнутого контура управления .

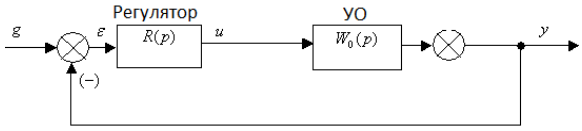
9. Вопрос. Передаточная функция $\Phi_\varepsilon(p)$ по ошибке отработки требуемого воздействия $g(t)$ в замкнутой САУ



есть отношение изображений:

1. $U(p)/E(p)$. 2. $Y(p)/G(p)$. 3. $E(p)/G(p)$. 4. $Y(p)/E(p)$

10. Вопрос. Какое соотношение определяет передаточную функцию замкнутой САУ



1. $Y(p)/G(p)$
2. $R(p)\cdot W_0(p)$
3. $U(p)/G(p)$
4. $Y(p)/G(p)$

11. Вопрос. Передаточная функция по ошибке отработки входного воздействия в замкнутой САУ определена соотношением

$$\Phi_\varepsilon(p)=\left[1+R(p)\cdot W_o(p)\right]^{-1}$$

Установившееся значение ошибки

$$\varepsilon(\infty)=\lim_{p\to 0}\left[p\cdot\Phi_\varepsilon(p)\cdot G(p)\right]$$

Для случая, когда $R(p)=5$ и $W_o(p)=2/(3p+1)$ и на входе действует

$$g(t)=2t\to G(p)=2/p^2$$

Согласована на портале № 37287

найти величину установившейся ошибки $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty)$.

1. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 10$
2. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 0$
3. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 5$
4. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) \to$ *неограниченно возрастает*.

12. Вопрос. В условиях задачи №11 включите в контур интегратор 2-го порядка и вычислите величину $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty)$ по указанным в задаче соотношениям

1. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 5$
2. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 0$
3. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) \to$ *неограниченно возрастает*.
4. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 2$.

13. Вопрос. В условиях задачи №12 включите в контур интегратор 1-го порядка и вычислите величину $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty)$ по указанным в задаче соотношениям

1. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 0$
2. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 0.2$
3. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) = 5$
4. $\varepsilon_{уст} = \varepsilon(\infty) \to$ *неограниченно возрастает*.

14. Вопрос. Динамический объект задан линейным дифференциальным

уравнением 2-го порядка вида

$$2y''(t) + 10y'(t) + 4y(t) = 6 \cdot u(t).$$

Привести данное уравнение к системе 2-х ДУ первого порядка, и ***найти*** вид матрицы перехода **A** и матрицы **B** в системе уравнений состояния

$$\dot{\vec{x}}(t) = \mathbf{A} \cdot x(t) + \mathbf{B} \cdot u(t)$$

Записать уравнение выхода

$$y(t) = \mathbf{C} \cdot x(t) + \mathbf{D} \cdot u(t)$$

и ***найти*** матрицы **C** *и* **D**

1. $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -2 & -5 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix}$ $\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$; $\mathbf{D} = 0$
2. $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -5 \end{bmatrix}$ $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix}$ $\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$; $\mathbf{D} = 0$
3. $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ -5 & 0 \end{bmatrix}$ $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 3 \\ 0 \end{bmatrix}$ $\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$; $\mathbf{D} = 0$

Согласована на портале № 37287

4. $\mathbf{A}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -2 & -5\end{bmatrix}$ $\mathbf{B}=\begin{bmatrix}3\\ 0\end{bmatrix}$ $\mathbf{C}=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}$; $\mathbf{D}=\mathbf{I}$.

15. Вопрос. Преобразовать модель САУ

$$\dot{x}_1(t)=4x_2(t)+0.5u_1(t)-0.2u_2(t)+0.1n_1(t)$$
$$\dot{x}_2(t)=0.2x_1(t)+x_2(t)+8u_1(t)+n_2(t)$$

К матричному виду: $\dot{\mathbf{x}}(t)=\mathbf{A}\mathbf{x}(t)+\mathbf{B}\mathbf{u}(t)+\mathbf{G}\mathbf{n}(t)$, т.е. определить состав всех векторов и матриц

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix}1 & 4\\ 0.2 & 0\end{bmatrix};\ \mathbf{B}=\begin{bmatrix}0 & -0.2\\ 8 & 0.5\end{bmatrix};\quad \mathbf{G}=\begin{bmatrix}0.1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

1. $\mathbf{x}^T(t)=\begin{bmatrix}x_1(t) & x_2(t)\end{bmatrix};\quad \mathbf{u}^T(t)=\begin{bmatrix}u_1(t) & u_2(t)\end{bmatrix};$
   $\mathbf{n}^T(t)=\begin{bmatrix}n_1(t) & n_2(t)\end{bmatrix}.$

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix}0 & 4\\ 0.2 & 1\end{bmatrix};\ \mathbf{B}=\begin{bmatrix}0.5 & -0.2\\ 8 & 0\end{bmatrix};\quad \mathbf{G}=\begin{bmatrix}0.1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

2. $\mathbf{x}^T(t)=\begin{bmatrix}x_1(t) & x_2(t)\end{bmatrix};\quad \mathbf{u}^T(t)=\begin{bmatrix}u_1(t) & u_2(t)\end{bmatrix};$
   $\mathbf{n}^T(t)=\begin{bmatrix}n_1(t) & n_2(t)\end{bmatrix}.$

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix}0 & 4\\ 0.2 & 1\end{bmatrix};\ \mathbf{B}=\begin{bmatrix}0.5 & -0.2\\ 8 & 0\end{bmatrix};\quad \mathbf{G}=\begin{bmatrix}0.1 & 1\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

3. $\mathbf{x}^T(t)=\begin{bmatrix}x_1(t) & x_2(t)\end{bmatrix};\quad \mathbf{u}^T(t)=\begin{bmatrix}u_1(t) & u_2(t)\end{bmatrix};$
   $\mathbf{n}^T(t)=\begin{bmatrix}n_1(t) & n_2(t)\end{bmatrix}.$

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix}0 & 4\\ 0.2 & 1\end{bmatrix};\ \mathbf{B}=\begin{bmatrix}8 & -0.2\\ 0.5 & 0\end{bmatrix};\quad \mathbf{G}=\begin{bmatrix}0.1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

4. $\mathbf{x}^T(t)=\begin{bmatrix}x_1(t) & x_2(t)\end{bmatrix};\quad \mathbf{u}^T(t)=\begin{bmatrix}u_1(t) & u_2(t)\end{bmatrix};$
   $\mathbf{n}^T(t)=\begin{bmatrix}n_1(t) & n_2(t)\end{bmatrix}.$

16. Вопрос. Можно ли в следящем радиолокационном дальномере с помощью фильтра Калмана сформировать текущие оценки дальности $\hat{D}(k)$ и скорости сближения $\hat{V}_r(k)$ при условии, что используется модель состояния

$$\dot{D}(t)=V_D(t);\quad \dot{V}_D(t)=n_v(t)\quad \text{и}$$
$$\textit{выполняется измерение } (\textit{наблюдение})$$
$$z_D(k)=D(k)+n_D(k)$$

1. Условие наблюдаемости не выполняется и значит нельзя.
2. Условие наблюдаемости не определено и значит можно.
3. Условие наблюдаемости выполняется и, следовательно, можно.
4. Ранг матрицы наблюдаемости системы равен единице и, следовательно, нельзя.

17. Вопрос. В условиях задачи № 16 изменяется канал наблюдения, т.е. имеем измерения радиальной скорости в виде

$$z_{V_D}(k)=V_D(k)+n_{Z_v}(k)\,.$$

Согласована на портале № 37287

Можно ли в этом случае сформировать оценки текущей дальности $\hat{D}(k)$ и скорости $\hat{V}_r(k)$:

1. Условие наблюдаемости не выполняется и значит нельзя.
2. Условие наблюдаемости выполняется и, следовательно, можно.
3. Условие наблюдаемости не определено и значит можно.
4. Ранг матрицы наблюдаемости системы равен двум и, следовательно, можно.

18. Вопрос. Имеем линейную динамическую систему с передаточной функцией $K(s)$,где $s=(\sigma+i\omega)$, т.е. $K(i\omega)$ - комплексная частотная характеристика системы. На вход системы воздействует стационарный случайный процесс (помеха), имеющий спектральную плотность средней мощности $G_{П}(\omega)$. Указать соотношение, которое следует использовать для вычисления мощности $P_{ВЫХ}$ помехи на выходе системы:

1. $P_{ВЫХ}=K(i\omega)\cdot G_{П}(\omega)$.
2. $P_{ВЫХ}=K(i\omega)/G_{П}(\omega)$.
3. $P_{ВЫХ}=K(i\omega)+G_{П}(\omega)$.
4. $P_{ВЫХ}=\int\limits_{-\infty}^{\infty} G_{П}(\omega)\left|K(i\omega)\right|^2\cdot d\omega$.

19. Вопрос. В системе управления ракетой класса земля – воздух используется способ наведения - радиотеленаведение в луче. Укажите ответ, соответствующий правильному составу наземного комплекса системы радиоуправления:

1. РЛС сопровождения цели, РЛС сопровождения ракеты, радиолиния передачи команд управления.
2. РЛС сопровождения цели, радиолиния передачи команд управления.
3. РЛС сопровождения ракеты, радиолиния передачи команд управления.
4. РЛС сопровождения цели.

20. Вопрос. При наведении ОУ на цель по методу параллельного сближения в качестве параметра расогласования, который определяет величину команды управления, используют:

1. Угол между вектором скорости ОУ и его продольной осью.
2. Угол между продольной осью ОУ и линией визирования ЦЕЛЬ-ОУ.
3. Угол между электрической осью антенны бортового угломера и вектором скорости ОУ.
4. Скорость изменения углового положения линии визирования ЦЕЛЬ – ОУ.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Способы управления атмосферными объектами. Автономное управление. Самонаведение. Командное управление. Радиотеленаведение. Комбинированное управление. Краткая характеристика способов управления.

2. Объекты управления (ОУ) и методы их наведения.

Двухточечные методы наведения. Метод пропорционального сближения, метод наведения по кривой погони, метод прямого наведения, метод параллельного сближения. Трехточечный метод наведения: метод совмещения.

3. Способы создания управляющих сил при различных аэродинамических схемах ОУ. Измерительная, командная и исполнительная системы координат. Контур следящего управления и его основные звенья. Управление пространственным движением ОУ. Передаточная функция ОУ.

Автопилот (АП) и звено «АП-ОУ». Общая функциональная схема радиоэлектронной системы управления (РЭСУ).

Согласована на портале № 37287

4. Математические модели процессов и объектов в пространстве состояний замкнутой системы управления. Наблюдаемость и управляемость динамических систем. Постановка задачи синтеза оптимальной системы радиоуправления в пространстве состояний. Критерии и показатели эффективности – интегральный квадратичный функционал качества Летова-Калмана; локальный функционал качества.

5. Структура алгоритма оптимального управления в линейной гауссовской задаче оптимизации с квадратичным критерием качества. Особенности синтеза нестационарных РЭСУ. Совместная фильтрация и параметрическая идентификация. Обобщенная структурная схема оптимальной РЭСУ.

6. Точность РЭСУ. Классификация ошибок управления и показатели точности. Причины появления ошибок управления и промахов.

7. Потенциальная точность оптимальной РЭСУ. Методика расчета динамических и флуктуационных ошибок систем управления. Проектирование РЭСУ с использованием имитационных моделей на ЭВМ.

8. Структурные схемы головок самонаведения: активные, полуактивные, пассивные. Схемы угломерных головок самонаведения. Модели контуров самонаведения.

Моделирование контура самонаведения. Тактико-технические показатели радиоэлектронных систем самонаведения: дальность, разрешающая способность по координатам, точность.

9. Принципы построения систем радиотеленаведения. Система наведения по радиолучу. Радиолиния управления в радиолуче. Структурная схема контура радиотеленаведения. Передаточные функции основных звеньев контура радиотеленаведения. Источники ошибок при радиотеленаведении. Оценка точности систем радиотеленаведения. Дальность радиотеленаведения.

10. Радиосредства систем командного следящего управления. Координаты систем командного управления при наведении методом совмещения и параллельного сближения. Функциональные и структурные схемы.

Командная радиолиния. Командная радиолиния как звено системы следящего радиоуправления.

Функциональные схемы и оценка точности командных систем. Ошибки при командном управлении. Дальность действия.

11. Классификация систем автономного управления. Измерительные устройства систем автономного радиоуправления: радиовысотомеры и радиодальномеры; доплеровский и корреляционный измерители скорости. Обзорные бортовые РЛС. Пассивные автономные радиосистемы. Системы автономного радиоуправления с распознаванием образов. Полуавтономные системы радиоуправления с использованием спутниковых радионавигационных систем.

12. Краткая характеристика и сравнение способов управления. Бортовой и наземный сегмент комплексов радиоуправления КА. Особенности использования радиотехнических систем в наземных комплексах контроля траекторий и управления движением КА.

13. Радиосистемы управления и их проектирование. Основные этапы проектирования и их содержание. Проектирование радиосистем управления с использованием имитационных моделей.

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Способы управления атмосферными объектами. Автономное управление. Самонаведение. Командное управление. Радиотеленаведение. Комбинированное управление. Краткая характеристика способов управления.

Объекты управления (ОУ) и методы их наведения.

Двухточечные методы наведения. Метод пропорционального сближения, метод наведения по кривой погони, метод прямого наведения, метод параллельного сближения. Трехточечный метод наведения: метод совмещения.

Способы создания управляющих сил при различных аэродинамических схемах ОУ. Измерительная, командная и исполнительная системы координат. Контур следящего управления и

Согласована на портале № 37287

его основные звенья. Управление пространственным движением ОУ. Передаточная функция ОУ.

Автопилот (АП) и звено «АП-ОУ». Общая функциональная схема радиоэлектронной системы управления (РЭСУ).

Математические модели процессов и объектов в простран-стве состояний замкнутой системы управления. Постановка задачи синтеза оптимальной системы радиоуправления в пространстве состояний. Критерии и показатели эффектив-ности – интегральный квадратичный функционал качества Летова-Калмана; локальный функционал качества. необхо-димые условия синтеза РЭСУ: наблюдаемость и управляе-мость динамических систем.

Структура алгоритма оптимального управления в линейной гауссовской задаче оптимизации с квадратичным критерием качества. Особенности синтеза нестационарных РЭСУ. Совместная фильтрация и параметрическая идентификация. Обобщенная структурная схема оптимальной РЭСУ.

Точность РЭСУ. Классификация ошибок управления и показатели точности. Причины появления ошибок управления и промахов.

Потенциальная точность оптимальной РЭСУ. Методика расчета динамических и флуктуационных ошибок систем управления. Проектирование РЭСУ с использованием имитационных моделей на ЭВМ.

Виды систем. Структурные схемы головок самонаведения: активные, полуактивные, пассивные. Схемы угломерных головок самонаведения. Модели контуров самонаведения. Модели радиосредств и помех в контурах самонаведения.

Аналитические методы исследования контуров самонаведения. Моделирование контура самонаведения. Тактико-технические показатели радиоэлектронных систем самонаведения: дальность, разрешающая способность по координатам, точность.

Принципы построения систем радиотеленаведения. Система наведения по радиолучу. Радиолиния управления в радиолуче. Структурная схема контура радиотеленаведения. Передаточные функции основных звеньев контура радиотеленаведения.

Источники ошибок при радиотеленаведении. Оценка точности систем радиотеленаведения. Дальность радиотеленаведения.

Радиосредства систем командного следящего управления. Координаты систем командного управления при наведении методом совмещения и параллельного сближения. Функциональные и структурные схемы.

Командная радиолиния. Командная радиолиния как звено системы следящего радиоуправления.

Функциональные схемы и оценка точности командных систем. Ошибки при командном управлении. Дальность действия.

Классификация систем автономного управления. Измерительные устройства систем автономного радиоуправления: радиовысотомеры и радиодальномеры; доплеровский и корреляционный измерители скорости. Обзорные бортовые РЛС. Пассивные автономные радиосистемы. Системы автономного радиоуправления с распознаванием образов. Полуавтономные системы радиоуправления с использованием спутниковых радионавигационных систем.

Командно-измерительные комплексы космических радиосистем управления.

Классификация и особенности радиоуправления КА. Функциональная и структурная схема системы управления КА.

Краткая характеристика и сравнение способов управления. Бортовой и наземный сегмент комплексов радиоуправления КА. Особенности использования радиотехнических систем в наземных комплексах контроля траекторий и управления движением КА.

Согласована на портале № 37287

Радиосистемы управления и их проектирование. Основные этапы проектирования и их содержание. Проектирование радиосистем управления с использованием имитационных моделей.

14.1.4. Темы домашних заданий

Тема 1. Способы управления и методы наведения . Кинематические звенья РЭСУ

Задача 1. Ракета наводится по методу погони на цель, которая движется прямолинейно на встречном курсе. Полет цели горизонтальный. Начальные условия (по вариантам):

Построить варианты кинематических траекторий ракеты, определить максимальные поперечные ускорения, сравнить максимальные перегрузки в случае медленных и быстрых целей.

Задача 2. Построить траекторию ракеты при наведении на цель по методу параллельного сближения Цель движется прямолинейно на встречно-пересекающемся курсе. Определить угол упреждения и время условной встречи при следующих начальных условиях: =10 км,

Тема 2. Динамические характеристики звеньев в замкнутом контуре РЭСУ; описание систем на основе переменных состояния.

Задача 1. Динамическая система (ДС) задана ДУ n – го порядка (n=2; 3), определяющим связь «вход-выход» следующего вида

с заданными начальными условиями. Для разных вариантов заданы различные значения коэффициентов ak и bk. Найти представление модели ДС в форме системы n ДУ первого порядка. Представить структурную схему ДС для переменных состояния. Используя пакет программ Simulink выполнить моделирование ДС и наблюдать выходной сигнал при подаче на вход сигнала в виде единичной ступенчатой функции и гармонического сигнала.

Задача 2. В условиях предыдущей задачи выполнить действия для наблюдения в Simulink - модели фазового портрета ДС при разных начальных условиях.

Тема 3. Статистическая теория оптимального управления динамическим объектом

Задача 1. Для динамической системы, модель которой задана в пространстве состояний уравнениями вида

$$\begin{aligned}\dot{\vec{x}}(t) &= \mathbf{A}\cdot x(t) + \mathbf{B}\cdot u(t),\\ y(t) &= \mathbf{C}\cdot x(t) + \mathbf{D}\cdot u(t)\end{aligned}$$

где A, B, C, D – заданные числовые матрицы соответствующей размерности, определить выполняются ли условия наблюдаемости и управляемости .

Задача 2. Записать и объяснить содержание локального и терминального критериев управления РЭСУ.

Задача 3. Объяснить специфику задач динамической оптимизации по сравнению с задачами статической оптимизации. Привести примеры.

Задача 4. Изложить смысловое содержание теоремы разделения и условий ее применения.

Тема 4. РЭСУ в режиме самонаведения

Задача 1. Представить структурную схему аналогового линейного фильтра Калмана , который формирует оптимальные оценки угловой координаты , которая имеет динамику во времени в виде полинома: а) – степени нуль; б) – первой степени; в) – второй степени. Входной сигнал фильтра – прямые измерения угловой координаты с аддитивным гауссовским белым шумом.

Задача 2. Следящий радиолокационный дальномер проектируют в виде линейного филь-тра Калмана для модели состояния в виде

$$\dot{D}(t) = V_D(t);\quad \dot{V}_D(t) = n_v(t) \quad \text{и}$$

выполняется измерение (*наблюдение*)

$$z_D(k) = D(k) + n_D(k)$$

где - белый гауссовский шум. В качестве наблюдений используются данные дальномера . Можно ли это реализовать оценки текущей дальности и скорости ?

Задача 3. В условиях задачи №3 рассмотреть сценарий с тем же вопросом, когда выполняются измерения скорости сближения, т.е.

Согласована на портале № 37287

$$z_{V_D}(k) = V_D(k) + n_{Z_v}(k)$$.

Тема 5. РЭСУ в режиме командного управления.

Задача 1.

В системе КРУ-1 наведение ракеты на цель на курсах близких к встречному или догонно-му осуществляется по методу накрытия с неподвижного КП. Рассмотреть кинематические соотношения в вертикальной плоскости при наведении. Составить функциональную схе-му системы. Указать подсистемы извлечения информации для оценки параметра углового рассогласования, подсистемы формирования команд управления, передачи команд на ра-кету и подсистемы отработки этих команд.

Задача 2.

В системе КРУ-1 наведение ракеты на цель на курсах близких к встречному или догонному осуществляется по методу накрытия с неподвижного КП. Рассмотреть кинематические соотношения в вертикальной плоскости при наведении. Составить функциональную схему системы. Указать подсистемы извлечения информации для оценки линейного отклонения ракеты от направления на цель, подсистемы формирования команд управления, передачи команд на ракету и подсистемы отработки этих команд.

Тема 6. РЭСУ в режиме автономного управления

Задача 1. В системе автономного управления выполняется управление высотой полета и боковым отклонением ОУ. Привести эквивалентную схему кинематического звена и системы управления в целом. Рассмотреть способы обеспечения устойчивости контура управления.

14.1.5. Вопросы на самоподготовку

Первая контрольная точка

1. Системы командного радиоуправления – КРУ-1. Общее описание структуры комплекса управления и особенности системы.
2. Системы командного радиоуправления – КРУ-2. Общее описание структуры комплекса управления и особенности системы.
3. Системы командного радиоуправления – КРУ-3. Общее описание структуры комплекса управления и особенности системы.
4. Системы радио теленаведения . Общее описание структуры комплекса управле-ния и особенности системы.
5. Системы самонаведения и их разновидности. Общее описание структуры комплекса управления и особенности системы.
6. Системы автономного управления. Общее описание структуры комплекса управления и особенности системы.
7. Понятие фазовых координат объекта управления и цели. Фазовая траектория.
8. Кинематическая траектория движения ОУ. Трехточечный метод наведения – метод накрытия цели. Параметр рассогласования при выработке команды.
9. Кинематическая траектория движения ОУ. Трехточечный метод наведения – метод прямого наведения. Параметр рассогласования при выработке команды.
10. Критерии выбора требуемой траектории движения ОУ.
11. Общая характеристика метода пропорционального наведения. Критерий оптимальности. Навигационная константа. Наведение по методу кривой погони; параметр, определяющий величину команды.
12. Общая характеристика метода пропорционального наведения. Критерий опти-мальности. Навигационная константа. Наведение по методу параллельного сближения; параметр, определяющий величину команды.
13. Способы создания нормального ускорения при управлении ЛА и их особенности. Угол скольжения и угол атаки.
14. Обобщенная структура системы управления. Тип передаточной функции крестокрылого ЛА. Входной и выходной сигналы.

Согласована на портале № 37287

15. Автопилот и его функции в контуре управления. Характер обратных связей и их влияние на динамику поведения ОУ.

16. Состав радиосредств и их функции в комплексах командного управления.

17. Функциональная схема контура управления для системы КРУ-1. Назвать источники ошибок наведения в системах КРУ-1.

18. Командная радиолиния в контуре КРУ -1: способы уплотнения; требования к КРЛ.

19. Представление динамических систем в форме уравнений для переменных состояния. Найти уравнения состояния и представить структуру системы для ДС второго порядка при отсутствии нулей передаточной функции.

20. Представление динамических РЭСУ в форме уравнений для переменных состоя-ния. Найти уравнения состояния и представить структуру системы для ОУ второ-го порядка при наличии нулей передаточной функции.

Вторая контрольная точка

21. Объяснить характер влияния порядка астатизма следящей системы на динамическую ошибку отработки требуемого сигнала на входе замкнутой системы.

22. Объяснить назначение и функции ПИД регулятора в контуре управления и принцип его устройства.

23. Изложить постановку задачи синтеза оптимальной системы управления. Критерии качества РЭСУ: локальное и терминальное управление. Теорема разделения.

24. Изложить постановку задачи оптимальной фильтрации для синтеза радиотехнических следящих измерителей.

25. Структура оптимального линейного фильтра. Фильтр Калмана.

26. Порядок решения задачи синтеза следящего измерителя параметра радиосигнала в системах дискриминаторного типа.

27. Функциональная и структурная схема формирования радиолуча в системе радиотеленаведения.

28. Функциональная и структурная схема приемной части радиолинии наведения в луче.

29. Источники погрешностей в системах управления, использующих радиотеленаведение.

30. Изложите классификацию систем самонаведения по признаку места расположения источника электромагнитного излучения.

31. Изложите классификацию систем самонаведения по признаку кинематического метода наведения.

32. Определите понятие текущего промаха.

33. Перечислите основные методы наведения, применяемые для малоподвижных и быстродвижущихся целей.

34. Угловые дискриминаторы головок самонаведения. Источники погрешностей уг-ломеров в системах самонаведения.

35. Типы угломерных каналов головок самонаведения. Угломер со следящим гироприводом.

36. Типы угломерных каналов головок самонаведения. Угломер со следящей антен-ной и датчиками угловых скоростей.

37. Классификация систем автономного радиоуправления.

38. Типы и характеристики измерителей параметров собственного движения УО.

39. Области применения, достоинства и недостатки радиосистем с автономным управлением.

40. Этапы процесса проектирования РЭСУ. Роль методов математического синтеза и математического моделирования систем при проектировании.

14.1.6. Темы лабораторных работ

Исследование процессов в системах управления .

Синтез и исследование оптимальной системы управления ракетой в режиме самонаведения

Угломерная следящая система с коническим сканированием диаграммы направленности.

Согласована на портале № 37287

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 37287