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

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Владелец: Троян Павел Ефимович
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы глобального позиционирования GPS

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: **5**
Семестр: **9**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	9 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Лабораторные работы	18	18	часов
4	Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)	8	8	часов
5	Всего аудиторных занятий	98	98	часов
6	Самостоятельная работа	82	82	часов
7	Всего (без экзамена)	180	180	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	216	216	часов
		6.0	6.0	З.Е.

Экзамен: 9 семестр
Курсовой проект / курсовая работа: 9 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 37986

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 «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

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 № 37986

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Цель преподавания дисциплины состоит:

- в изучении системотехнических принципов построения и параметров глобальной навигационной системы (ГНСС) GPS;
- в изучении способов формирования и характеристик навигационных сигналов;
- в изучении способов обработки сигналов и процессов в приемнике потребителя и их влияния на тактико-технические характеристики навигационного комплекса.

1.2. Задачи дисциплины

– Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих самостоятельно осваивать современные методы формирования и обработки сигналов в приемо-передающей аппаратуре ГНСС, понимать сущность и особенности процессов преобразования этих сигналов, уметь изложить постановку задачи по исследованию характеристик функциональных блоков навигационного приемника, знать содержание проблем, связанных с повышением точности позиционирования в ГНСС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Системы глобального позиционирования GPS» (Б1.Б.31.5) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика 1. Высшая математика, Математика 2. Теория вероятностей и статистика в радиоэлектронике, Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств, Основы теории радиолокационных систем и комплексов, Основы теории радионавигационных систем и комплексов, Основы теории радиосистем передачи информации, Основы теории цепей, Радиоавтоматика, Радиотехнические цепи и сигналы, Статистическая радиотехника, Устройства приема и преобразования сигналов.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Конструкции космических аппаратов, Космические системы радиомониторинга, Преддипломная практика.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПСК-8.1 способностью владеть общими принципами построения и функционирования космических радиотехнических комплексов;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основы теории функционирования ГНСС и ее элементов, виды радионавигационных сигналов (РНС), принципы построения системы поиска РНС, устройств формирования оценок радионавигационных параметров сигналов в режиме слежения; факторы, определяющие бюджет погрешностей решения навигационной задачи; технические пути оптимизации характеристик навигационного комплекса.

– **уметь** представить структурную схему ГНСС и дать описание преобразований сигналов в ее основных функциональных блоках; выполнить оценку влияния технических параметров функциональных блоков на основные тактические характеристики космического навигационного комплекса.

– **владеть** инженерной терминологией и способами описания преобразований сигналов в функциональных блоках ГНСС; методами оптимизации характеристик основных элементов функциональной схемы ГНСС для достижения требуемых ТТХ космической навигационной системы. .

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры

Согласована на портале № 37986

		9 семестр
Аудиторные занятия (всего)	98	98
Лекции	36	36
Практические занятия	36	36
Лабораторные работы	18	18
Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)	8	8
Самостоятельная работа (всего)	82	82
Выполнение курсового проекта / курсовой работы	40	40
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Проработка лекционного материала	18	18
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	16	16
Всего (без экзамена)	180	180
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	216	216
Зачетные Единицы	6.0	6.0

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., час	Практ. зан.,	Лаб. раб.,	П/ КР,	Сам. раб.,	в (без	уемые ком
9 семестр							
1 Глобальные радионавигационные системы. Настоящее и прошлое. Проблемы.	2	0	0	8	0	2	ПСК-8.1
2 Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС.	4	4	0		6	14	ПСК-8.1
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения.	3	4	4		4	15	ПСК-8.1
4 Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели.	3	4	0		6	13	ПСК-8.1
5 Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов.	3	4	0		4	11	ПСК-8.1
6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в	6	6	4		6	22	ПСК-8.1

Согласована на портале № 37986

следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы.							
7 Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры.	5	6	0		24	35	ПСК-8.1
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя.	6	4	5		26	41	ПСК-8.1
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поиска-обнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации.	4	4	5		6	19	ПСК-8.1
Итого за семестр	36	36	18	8	82	180	
Итого	36	36	18	8	82	180	

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 (часы)	Формируемые компетенции
9 семестр			
1 Глобальные радионавигационные системы. Настоящее и прошлое. Проблемы.	Космические навигационные системы – альтернатива наземным системам дальней навигации. Координатно-временное обеспечение потребителей. Факторы, ограничивающие достижимую точность навигации и точность поддержания шкалы времени потребителя. Научно-технические проблемы создания высокоточных глобальных навигационных систем. Системы «Транзит» «Цикада», «Navstar», «ГЛОНАСС».	2	ПСК-8.1
	Итого	2	
2 Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС.	Подсистема навигационных космических аппаратов. Подсистема контроля параметров орбит КА, управления положением КА и поддержания системной шкалы времени. Навигационная аппаратура потребителей. Структурные схемы, функциональные задачи. Технические требования и проблемы их достижения. ГЛОНАСС и GPS	4	ПСК-8.1
	Итого	4	
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС	Требования к радиосигналам ГНСС. Математическое описание радиосигналов. Фазоманипулированные сигналы. ФМ-н сигналы с	3	ПСК-8.1

Согласована на портале № 37986

GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения.	модуляцией на поднесущей. Потенциальная точность оценки временной задержки и частотного сдвига. Энергетика радиолинии НКА-потребитель. Сигналы в ГНСС ГЛОНАСС и GPS. Навигационное сообщение , модуляция излученного сигнала сообщением.		
	Итого	3	
4 Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели.	Системная шкала времени. Бортовая шкала времени и ее корректировка. Шкала времени потребителя. Нестабильность частоты и времени в опорных генераторах. Математическая модель вариаций шкалы времени и частоты опорного генератора приемника.	3	ПСК-8.1
	Итого	3	
5 Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов.	Структура приемника потребителя. Назначение и функции элементов функциональной схемы. Технические характеристики блоков. Особенности демодуляции сигналов в приемнике. Приемники с двух этапной и одноэтапной обработкой.	3	ПСК-8.1
	Итого	3	
6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы.	Принципы построения следящих систем в приемнике ГНСС. Когерентная и некогерентная обработка сигналов. Синтез дискриминаторов когерентных приемников. Синтез дискриминаторов некогерентных приемников. Статистические характеристики сигналов в квадратурном корреляторе при когерентном и некогерентном приеме. Статистические характеристики сигналов дискриминаторов временной задержки, частоты и фазы.	6	ПСК-8.1
	Итого	6	
7 Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры.	Постановка задачи фильтрации в марковской теории фильтрации состояния динамической системы. Фильтры Калмана и Винера. Математическая модель сигналов на входе сглаживающих фильтров. Комплексный фильтр слежения за фазой и частотой сигнала в когерентном приемнике. Комплексный фильтр слежения за задержкой огибающей автокорреляционной функции НС и доплеровской частотой сигнала при некогерентном приеме.	5	ПСК-8.1
	Итого	5	
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное	Математическая модель наблюдений псевдодальности и псевдо-скорости. Алгоритм метода наименьших квадратов. Структура и алгоритм расширенного фильтра Калмана.	6	ПСК-8.1
	Итого	6	

Согласована на портале № 37986

обеспечение потребителя.			
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поиска-обнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации.	Параллельный и последовательный поиск по частоте и временной задержке. Структуры с корреляционной и спектральной обработкой. Технические характеристики блока поиска-обнаружения. Перспективные направления технологии спутниковой навигации на современном этапе развития ГНСС.	4	ПСК-8.1
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

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 Математика 1. Высшая математика			+	+		+	+	+	+
2 Математика 2. Теория вероятностей и статистика в радиоэлектронике				+		+	+	+	+
3 Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств						+	+	+	
4 Основы теории радиолокационных систем и комплексов		+			+				+
5 Основы теории радионавигационных систем и комплексов		+	+	+	+				
6 Основы теории радиосистем передачи информации			+						
7 Основы теории цепей			+	+		+	+	+	+
8 Радиоавтоматика						+	+		
9 Радиотехнические цепи и сигналы			+	+	+	+	+	+	+
10 Статистическая		+		+	+	+	+	+	+

Согласована на портале № 37986

радиотехника									
11 Устройства приема и преобразования сигналов		+			+				
Последующие дисциплины									
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Конструкции космических аппаратов	+								
3 Космические системы радиомониторинга	+	+							
4 Преддипломная практика	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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.	Лабораб.	СР (КП/К	Самоб.	
ПСК-8.1	+	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов / курсовых работ, Выступление (доклад) на занятии, Тест, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе

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)	Номер лабораторных работ
9 семестр			
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы	Изучение структуры и формата радионавигационных сигналов в ГНСС (ГЛОНАСС/GPS).Частотно-временная АКФ навигационного сигнала. Функция неопределенности.	4	ПСК-8.1

Согласована на портале № 37986

сигналов (ВОС). Структура навигационного сообщения.	Итого	4	
6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы.	Изучение структуры следящих систем в приемнике ГНСС (ГЛОНАСС/GPS). Изучение принципов работы и процессов в частотном, временном и фазовом дискриминаторахследящих систем приемника потребителя.	4	ПСК-8.1
	Итого	4	
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя.	Изучение алгоритма обработки данныхв навигационном вычислителе. Алгоритм МНК.	5	ПСК-8.1
	Итого	5	
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поиска-обнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации.	Исследование алгоритма и процессов преобразования сигналов в блоке поиска-обнаружения.Расчет характеристик обнаружения.	5	ПСК-8.1
	Итого	5	
Итого за семестр		18	

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
9 семестр			
2 Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС.	Наземный сегмент и космический сегменты ГЛОНАСС . Сегмент приемной аппаратуры потребителя. Состав оборудования, задачи и технические требования.	4	ПСК-8.1
	Итого	4	
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (ВОС).	Структура навигационного сигнала (GPS/ГЛОНАСС). Параметры модуляции. Частотно-временная корреляционная функция навигационного сигнала (НС). Ее структура (огибающая и фаза). Функция неопределенности (ФН) периодического навигационного сигнала.	4	ПСК-8.1

Согласована на портале № 37986

Структура навигационного сообщения.	Тело неопределенности. Параметры ФН и их взаимосвязь с параметрами модуляции НС. Новые типы сигналов с BOC модуляцией.		
	Итого	4	
4 Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели.	Задача координатно-временного обеспечения потребителя. Системная шкала времени. Бортовая шкала времени. Шкала времени потребителя. Нестабильность опорных генераторов. Математическая модель вариаций шкалы времени и частоты ОГ в терминах переменных состояния. Синхронизация шкал времени. Основные соотношения.	4	ПСК-8.1
	Итого	4	
5 Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов.	Структура приемника ГНСС GPS/ГЛОНАСС. Функциональные блоки, процессы обработки сигналов. Технические характеристики. Блок поиска-обнаружения, преобразования сигналов в блоке. Пути технической реализации.Блок формирования текущих оценок пседодальности и псевдоскорости в режиме слежения (блок слежения).Постановка задачи синтеза алгоритма формирования оценок. Эквивалентная схема следящего контура. Технические характеристики.	4	ПСК-8.1
	Итого	4	
6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы.	Максимально правдоподобные (МП) оценки параметров сигнала и их свойства. Способы построения МП измерителей. Следящий режим.Квадратурный коррелятор. Временной дискриминатор. Статистический эквивалент и его характеристики. Когерентный и некогерентный режимы работы. Структурные схемы. Частотный дискриминатор. Статистический эквивалент и его характеристики. Структурные схемы.	6	ПСК-8.1
	Итого	6	
7 Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры.	Постановка задачи статистического синтеза линейного фильтра в контуре следящей системы. Математическая модель динамики изменения параметра. Оптимальный фильтр Винера. Характеристики следящей системы. Расчет среднеквадратичной погрешности (СКП) оценки параметра. Постановка задачи синтеза алгоритма формирования оценки параметра в теории марковской нелинейной фильтрации.Алгоритм линейного фильтра Калмана. Нелинейные задачи. Алгоритм расширенного фильтра Калмана	6	ПСК-8.1
	Итого	6	
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения	Метод наименьших квадратов в навигационной задаче координатно-частотно-временного обеспечения потребителя.Численный алгоритм Ньютона-Рафсона.Постановка задачи на основе	4	ПСК-8.1

Согласована на портале № 37986

навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя.	методов марковской теории нелинейной фильтрации. Алгоритм расширенного фильтра Калмана.		
	Итого	4	
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поиска-обнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации.	Задача поиска-обнаружения сигналов НКА. Структура корреляционного обнаружителя сигнала со случайной начальной фазой при неизвестных временной задержке и доплеровском сдвиге частоты. Варианты организации поиска при многоканальной корреляционной обработке. Количество каналов обработки. Основные соотношения. Характеристики процесса поиска.	4	ПСК-8.1
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

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
9 семестр				
2 Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-8.1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	6		
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-8.1	Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	4		
4 Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-8.1	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	6		
5 Типовая структура приемника сигналов	Подготовка к практическим занятиям,	2	ПСК-8.1	Домашнее задание, Опрос на занятиях,

Согласована на портале № 37986

ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов.	семинарам			Отчет по курсовому проекту / курсовой работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-8.1	Домашнее задание, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	6		
7 Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-8.1	Домашнее задание, Защита курсовых проектов / курсовых работ, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Выполнение курсового проекта / курсовой работы	20		
	Итого	24		
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-8.1	Домашнее задание, Защита курсовых проектов / курсовых работ, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по курсовому проекту / курсовой работе, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Выполнение курсового проекта / курсовой работы	20		
	Итого	26		
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поиска-обнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-8.1	Домашнее задание, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	6		
Итого за семестр		82		

Согласована на портале № 37986

	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		118		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта / курсовой работы представлены таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта / курсовой работы

Наименование аудиторных занятий	Трудоемкость,	Формируемые компетенции
9 семестр		
Выдача индивидуального задания	2	ПСК-8.1
Консультации по расчетной части	4	
Защита курсового проекта	2	
Итого за семестр	8	

10.1. Темы курсовых проектов / курсовых работ

Примерная тематика курсовых проектов / курсовых работ:

- 1. Функциональные задачи подсистем
- космического навигационного комплекса ГЛОНАСС.
- Тактико-технические требования к элементам комплекса.
- 2. Функциональные задачи подсистем
- космического навигационного комплекса ГЛОНАСС.
- Тактико-технические требования к элементам комплекса
- Алгоритм вычисления координат потребителя и смещения шкалы времени.
- 3. Функциональные задачи подсистем
- космического навигационного комплекса ГЛОНАСС.
- Тактико-технические требования к элементам комплекса.
- Алгоритм вычисления компонент вектора скорости потребителя и смещения
- частоты опорного генератора приемника.
-
- .

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
9 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	2	2	1	5
Домашнее задание			3	3
Защита курсовых проектов / курсовых работ			5	5
Защита отчета	2	2	2	6
Конспект	2	2	1	5

Согласована на портале № 37986

самоподготовки				
Контрольная работа	4	4	4	12
Опрос на занятиях	2	2	1	5
Отчет по курсовому проекту / курсовой работе			14	14
Отчет по лабораторной работе	2	2	1	5
Тест	3	3	4	10
Итого максимум за период	17	17	36	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	17	34	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)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Космические радиотехнические системы [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Дудко Б. П. - 2012. 291 с. (Рекомендовано для самостоятельных, практических и лабораторных занятий) - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1728 (дата обращения: 08.07.2018).

2. Статистические методы обработки сигналов в радиотехнических системах [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Тисленко В. И. - 2007. 245 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2123 (дата обращения: 08.07.2018).

Согласована на портале № 37986

3. Вейцель В. А. Радиоприемники спутниковых систем определения координат. Учеб-ное пособие для вузов / В. А. Вейцель, А. В. Вейцель. – М. : Вузовская книга, 2013. – 224 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Яценков В. С. Основы спутниковой навигации: Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС : справочное издание / В. С. Яценков. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 272 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов : Учебник для вузов / А. Б. Сергиен-ко. - СПб. : Питер, 2003. – 604. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.)

3. Сборник задач по курсу "Радионавигационные системы". Учебное пособие для вузов / П. А. Бакулев [и др.] - М. : Радиотехника, 2011. - 112 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Космические радиотехнические системы [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Дудко Б. П. - 2012. 291 с. (Рекомендовано для практических, самостоятельных и лабораторных работ, а также курсового проектирования). - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1728 (дата обращения: 08.07.2018).

2. Математические модели динамических систем в форме уравнений для переменных состояния [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие к практическим работам по теме «Математические модели динамических систем» по курсу «Радиосистемы управления» / Тисленко В. И. - 2011. 44 с. (Рекомендовано для практических, лабораторных и самостоятельных работ) - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2126 (дата обращения: 08.07.2018).

3. Статистическая теория радиотехнических систем [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и организации самостоятельной работы / Тисленко В. И. - 2016. 43 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6546 (дата обращения: 08.07.2018).

4. Моделирование систем [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам и организации самостоятельной работы по курсу / Тисленко В. И. - 2011. 22 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2118 (дата обращения: 08.07.2018).

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

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

Согласована на портале № 37986

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

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:

– 7-Zip
– AVAST Free Antivirus
– Adobe Acrobat Reader
– Microsoft PowerPoint Viewer
– Microsoft Visual Studio
– Microsoft Windows 7 Pro
– Mozilla Firefox
– PTC Mathcad13, 14
– Scilab

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

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;

Согласована на портале № 37986

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– 7-Zip
– Microsoft PowerPoint Viewer
– Microsoft Visual Studio
– Microsoft Windows 7 Pro
– Mozilla Firefox
– OpenOffice
– PTC Mathcad13, 14
– Scilab

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.

Согласована на портале № 37986

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:

14.1.1. Тестовые задания

1. **Вопрос.** Какой метод определения местоположения потребителя используется в ГНСС ГЛОНАСС и GPS:
   1.-Угломерный. 2. Разностно-дальномерный. 3.Дальномерный. 4. Угломерно-дальномерный.

2. **Вопрос**. В каком режиме излучения работает бортовой передатчик навигационного космического аппарата :
   1. Импульсный режим. 2. Непрерывный режим. 3. Квазинепрерывный режим. 4. Запросный режим.
3. **Вопрос**. Какой тип модуляции имеет излучаемый бортовым передатчиком системы ГЛОНАСС сигнал:
   1. Амплитудно-импульсная модуляция. 2. Частотная модуляция. 3. Линейная частотная модуляция. 4. Бинарная фазовая модуляция.
4. **Вопрос.** При каком отношении мощности полезного сигнала к мощности шум на выходе приемной антенны выполняет свои функции приемник потребителя:
   1. Больше единицы.
   2. Больше 10.
   3. Много меньше единицы.
   4. Ориентировочно 0,01.

5. **Вопрос**. Имеем детерминированный полезный сигнал $s(t_k;\lambda)$; $n(t_k)$ - гауссовский некоррелированный шум с нулевым средним значением и дисперсией σ_n^2; λ - неизвестный параметр полезного сигнала. На интервале обработки образована выборка $\overset{r}{\mathbf{y}} = \{y_k; k = 1,...,N\}$ из N отсчетов сигнала $y(t_k) \equiv y_k = s(t_k;\lambda) + n(t_k) = s_k + n_k$. Укажите верное выражение для функции правдоподобия (обозначение $W(g)$ - плотность распределения вероятностей)

$$1.\, W(\overset{r}{\mathbf{y}}/\lambda) = 1/\left[(2\pi)^{N/2}\cdot\sigma^N\right]\cdot\exp\left[-\frac{1}{2\sigma_n^2}\sum_{k=1}^{N}\left(s_k(\lambda)\right)^2\right] \equiv L_{\overset{r}{\mathbf{y}}}(\lambda),$$

$$2.\, W(\overset{r}{\mathbf{y}},\lambda) = 1/\left[(2\pi)^{N/2}\cdot\sigma^N\right]\cdot\exp\left[-\frac{1}{2\sigma_n^2}\sum_{k=1}^{N}\left(y_k^2\right)\right] \equiv L_{\overset{r}{\mathbf{y}}}(\lambda),$$

$$3.\quad L_{\overset{r}{\mathbf{y}}}(\lambda) = \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_n^2}\sum_{k=1}^{N}\left(-s_k^2(\lambda)\right)\right],$$

$$4.\quad W(\overset{r}{\mathbf{y}}/\lambda) = 1/\left[(2\pi)^{N/2}\cdot\sigma^N\right]\cdot\exp\left[-\frac{1}{2\sigma_n^2}\sum_{k=1}^{N}\left(y_k - s_k(\lambda)\right)^2\right] \equiv L_{\overset{r}{\mathbf{y}}}(\lambda)$$

Согласована на портале № 37986

6. **Вопрос.** Имеем полностью известный детерминированный сигнал $s(t)$, поступающий на вход линейного фильтра в сумме с белым шумом $n(t)$. Какую задачу решает согласованный с сигналом линейный фильтр?
   1. Обеспечивает наименьшее искажение полезного сигнала на своем выходе.
   2. Максимально устраняет влияние шума на полезный сигнал.
   3. Обеспечивает на своем выходе максимальное отношение уровня полезного сигнала к шуму в некоторый момент времени t_0.
   4. Обеспечивает в некоторый момент времени t_0 наибольшее значение уровня полезного сигнала на выходе.

7. **Вопрос**. Импульсная реакция $h_{сф}(t)$ фильтра согласованного с сигналом $s(t)$ ($t \geq 0$) длительностью τ_u определена соотношением ($k = const; t_0 = const$):
   1. $h_{сф}(t) = k \cdot s(t_0 + t)$; $t_0 \geq \tau_u$.
   2. $h_{сф}(t) = k \cdot s(t_0 - t); t_0 \geq \tau_u$.
   3. $h_{сф}(t) = k \cdot s(t_0 - t)$; $t_0 < \tau_u$.
   4. $h_{сф}(t) = k \cdot s(t_0 - t)$; $t_0 \geq \tau_u$.

8. **Вопрос**. Определите соотношение, связывающее комплексную частотную характеристика $\dot{K}_{сф}(i\omega)$ согласованного линейного фильтра с комплексным спектром $\dot{S}(i\omega)$ полезного входного сигнала $s(t)$ длительностью τ_u ; ($k = const$):
   1. $\dot{K}_{сф}(i\omega) = k \cdot \dot{S}(i\omega) \cdot e^{-i\omega t_0}$; $t_0 \geq \tau_u$.
   2. $\dot{K}_{сф}(i\omega) = k \cdot \dot{S}^*(i\omega) \cdot e^{i\omega t_0}$; $t_0 \geq \tau_u$.
   3. $\dot{K}_{сф}(i\omega) = k \cdot \dot{S}^*(i\omega) \cdot e^{-i\omega t_0}$; $t_0 < \tau_u$.
   4. $\dot{K}_{сф}(i\omega) = k \cdot \dot{S}^*(i\omega) \cdot e^{-i\omega t_0}$; $t_0 \geq \tau_u$.

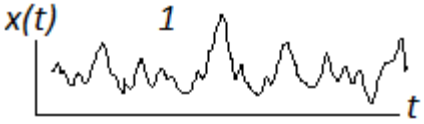
9. **Вопрос**. Ширина главного сечения функции неопределенности радиосигнала по частотной оси зависит:
   1. Пропорционально от ширины частотного спектра радиосигнала.
   2. Обратно пропорционально от произведения длительности радиосигнала на ширину его частотного спектра, т.е. от величины базы сигнала.
   3. Обратно пропорционально от ширины частотного спектра радиосигнала.
   4. Обратно пропорционально от длительности радиосигнала.

10. **Вопрос.** Ширина главного сечения функции неопределенности радиосигнала по временной оси зависит :
    1. Пропорционально от величины базы радиосигнала.
    2. Обратно пропорционально от ширины частотного спектра радиосигнала.
    3. Пропорционально от ширины частотного спектра радиосигнала.

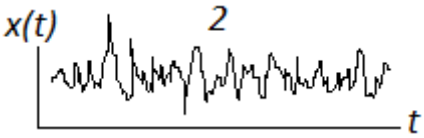
Согласована на портале № 37986

4. Обратно пропорционально от произведения длительности радиосигнала на ширину его частотного спектра.

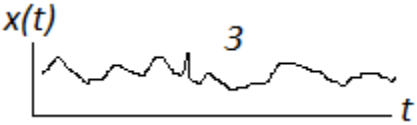
11. Вопрос. Ниже в одном масштабе показаны три типичных записи для трех стационарных случайных сигналов. Укажите правильное соотношение для ширин $\Delta\tau_i$ нормированных временных автокорреляцинных функций этих сигналов:



;



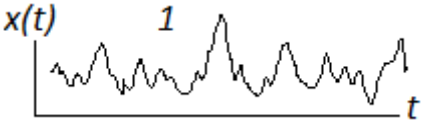
;

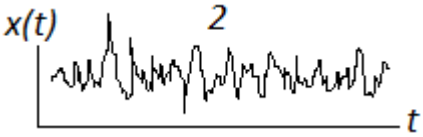


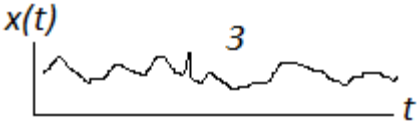
;

1. $\Delta\tau_1 > \Delta\tau_2 > \Delta\tau_3$,
2. $\Delta\tau_1 > \Delta\tau_3 > \Delta\tau_2$,
3. $\Delta\tau_3 > \Delta\tau_1 > \Delta\tau_2$,
4. $\Delta\tau_2 > \Delta\tau_1 > \Delta\tau_3$.

12. **Вопрос.** Ниже в одном масштабе показаны три типичных записи для трех стационарных случайных сигналов. Укажите правильное соотношение для ширин спектральных функций (энергетических спектров) $\Delta\Omega_i$ этих сигналов.



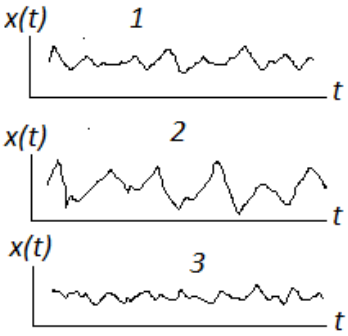




1. $\Delta\Omega_1 > \Delta\Omega_2 > \Delta\Omega_3$
2. $\Delta\Omega_2 > \Delta\Omega_1 > \Delta\Omega_3$
3. $\Delta\Omega_3 \geq \Delta\Omega_1 \geq \Delta\Omega_2$
4. $\Delta\Omega_1 > \Delta\Omega_3 > \Delta\Omega_2$

Согласована на портале № 37986

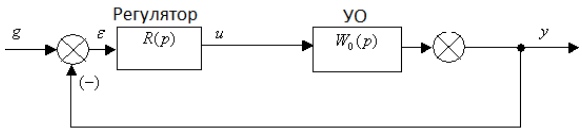
13. Вопрос. Ниже в одном масштабе показаны три типичных записи для трех стационарных случайных сигналов. Укажите правильное соотношение для дисперсий D_i этих сигналов



1. $D_1 > D_3 > D_2$
2. $D_1 > D_2 > D_3$.
3. $D_3 > D_2 > D_1$.
4. $D_2 > D_1 > D_3$

14. **Вопрос**. Какие *статистические* параметры оценки неизвестного параметра сигнала исчерпывающим образом определяют качество этой оценки:
   1. Статистическое среднее значение разности между истинным значением параметра и оценкой этого параметра.
   2. Дисперсия оценки.
   3. Разность между истинным значением параметра и оценкой.
   4. Средний квадрат погрешности (ошибки).

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



есть отношение изображений:

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

16. Вопрос. Какое соотношение определяет передаточную функцию замкнутой следящей системы:

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

17. **Вопрос.** Динамические свойства случайного процесса определены линейным дифференциальным уравнением 2-го порядка,

Согласована на портале № 37986

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

где $n(t)$ - белый гауссовский шум. Привести данное уравнение к системе 2-х ДУ первого порядка и найти вид матрицы перехода **A** и матрицы **B** в системе уравнений состояния

$$\dot{x}(t)=\mathbf{A}\cdot x(t)+\mathbf{B}\cdot n(t).$$

Записать уравнение выхода

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

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

18. **Вопрос.** При оценке погрешности местоопределения потребителя используется величина – ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФАКТОР. Что она учитывает:
    1. Вводит поправку на вычисление координат потребителя, обусловленную несферичностью формы Земли.
    2. Геометрию движения потребителя.
    3. Геометрию взаимного расположения потребителя и рабочего созвездия навигационных космических аппаратов.
    4. Положение Земли при движении по орбите вокруг Солнца.

19. **Вопрос**. Каковы последствия увеличения длительности периода ПСП (дальномерного кода) в плане влияния собственного шума приемника на точность местоопределения ? Допустим, в два раза увеличим период кодовой ПСП, при прочих неизменных параметрах сигнала и применении оптимального алгоритма обработки ? Укажите верный ответ:
    1. Сренеквадратическая погрешность (СКП) оценки временной задержки дальномерного кода останется неизменной.
    2. СКП оценки кодовой задержки уменьшится в 2 раза (точность местоопределения возрастет).
    3. СКП увеличится в $\sqrt{2}$ раз (точность местоопрделения понизится).
    4. СКП оценки кодовой задержки увеличится в 4 раза (точность местоопределения понизится).

20. **Вопрос.** Одномоментное наличие сигналов от 4-х навигационных космических аппаратов необходимо :
    1. В целях повышения точности определения координат потребителя.

Согласована на портале № 37986

2. Для получения дополнительного уравнения с последующим решением системы 4-х нелинейных алгебраических уравнений и определения 3-х координат и смещения шкалы времени потребителя относительно шкалы времени системы.
3. Для вычисления доплеровского смещения частоты сигнала.
4. Для устранения неоднозначности измерений фазы радиосигнала.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Принцип функционирования ГНСС и основные параметры систем ГЛОНАСС и GPS

1.1 Метод определения местоположения потребителя и скорости его движения. Геометрия созвездия навигационных космических аппаратов (НКА).

1.2 Формат навигационного сигнала. Знать основные параметры дальномерного кода, навигационного сообщения, соотношение периодов; что содержит навигационное сообщение и как оно модулирует излучаемый высокочастотный сигнал. Уметь изобразить графически.

1.3 Что дает использование сигнала с ФКМ модуляцией? Что дает использование непрерывного режима излучения?

2. Функциональная схема приемника потребителя. Назначение функциональных блоков.

3. Бюджет погрешностей оценки местоположения – источники ошибок (их порядок) . Физическое пояснение влияния различных факторов.

Характер влияния АЧХ и ФЧХ приемного тракта на погрешность оценки местоположения потребителя.

4. Функция неопределенности периодического навигационного радиосигнала с ФКМ (ее главные сечения).

5. Согласованный оптимальный фильтр. Свойства фильтра. Форма и уровень выходного сигнала в максимуме. Реализация в виде коррелятора с опорным сигналом. Структура интеграла свертки. Показать, как этот интеграл преобразуется в корреляционный интеграл.

6. Двухэтапная обработка сигнала в приемнике потребителя. Что выполняется на первом этапе обработки? Как реализуется эта обработка?

7. Функциональная схема следящей системы с дискриминаторами . Что определяет точность (СКО) оценки времен-ной псевдо-задержки дальномерного кода? Что определяет точность (СКО) псевдо-доплеровского сдвига частоты в приемнике потребителя? Почему мы употребляем термин «ПСЕВДО»? Какие сигналы являются входными для дискриминатора?

8. Как определяют функцию дискриминатора? Что есть функция правдоподобия выборки? Что следует задать, чтобы записать выражение функции правдоподобия? Привести пример для простейшего случая: прямые наблюдения постоянной неизвестной величины λ на фоне ад-дитивного гауссовского шума. Представление МП оценки в рекурсив-ной форме.

9. МП оценка фазы полностью известного регулярного сигнала на фоне белого гауссовского шума. Блок схема устройства формирования оценки.

10. В чем суть представления сигнала на выходе дискриминатора в форме модели линейного статистического эквивалента? С какой целью это делают? Как определяют характеристики петлевого фильтра в контуре слежения?

11. Понятие простого марковского случайного процесса. Что определяет многомерную ПРВ простого марковского процесса. Линейная динамическая система – уравнения вектора состояния.

12. Постановка задачи линейной фильтрации сообщения в марковской теории фильтрации. Уравнения для вектора состояния, уравнения для вектора наблюдения. Фильтр Калмана: структура фильтра, уравнение для оценки вектора состояния.Циклическое повторение двух этапов : экстраполяция оценки на один шаг и коррекция оценки при поступлении текущего наблюдения. Пояснения по результатам лабораторной работы.

13. Назначение блока поиска. Алгоритм работы. Что определяет количество ячеек на плоскости: «задержка» и «частотный сдвиг». Пояснения по результатам лабораторной работы.

14. Навигационный вычислитель. Постановка задачи при использовании алгоритма МНК для оценки координат и вектора скорости пользователя. Пояснения по результатам лабораторной

Согласована на портале № 37986

работы.

14.1.3. Темы докладов

Принцип построения и функционирования ГНСС. Структурный состав элементов системы и их основные параметры.

Источники погрешностей определения местоположения в ГНСС. Бюджет погрешностей. Технические пути повышения точности решения навигационной задачи . Тенденции развития современных ГНСС (ГЛОНАСС, GPS, Gallileo)/

Блок поиска-обнаружения в составе приемника потребителя. Функциональные задачи блока, технические параметры, алгоритмы обработки , когерентное и некогерентное накопление.Характеристики обнаружения.

Блок формирования текущих оценок псевдодальности и псевдоскорости в режиме слежения. Двухэтапные алгоритмы.

Постановка задач синтеза оптимального дискриминатора и петлевого фильтра. Источники погрешностей, СКО оценки задержки дальномерной кодовой ПСП..

Следящий контур за псевдозадержкой навигационного сигнала. Структурная схема контура слежения. Источники погрешностей. Соотношение для СКО оценки задержки.

Следящий контур за псевдочастотой навигационного сигнала. Структурная схема контура слежения. Источники погрешностей. Соотношение для СКО оценки псевдодоплеровского сдвига частоты.

Навигационный вычислитель в составе приемника потребителя. Постановка задачи синтеза алгоритма формирования оценок навигационного вектора потребителя. Источники погрешностей оценок.

Постановка задачи синтеза измерителя текущих оценок информативного сообщения в марковской теории фильтрации. Линейные модели с гауссовскими возмущениями. Структура фильтра Калмана (дискретный вариант фильтра). Свойства оценок.

14.1.4. Темы опросов на занятиях

Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС

Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения

Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели

Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов.

Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы.

Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры.

Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя

Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поиска-обнаружения.

14.1.5. Темы домашних заданий

Задача статистического синтеза следящей системы при двухэтапной процедуре обработки. Блок-схема системы слежения за временной задержкой дальномерного кода. сигнала: алгоритм работы, структура.

Факторы определяющие СКО оценки псевдодальности. Соотношение для расчетаСКО оценки псевдозадержки.

Структура блока поиска-обнаружения. Когерентный и некогерентный режим работы.

14.1.6. Вопросы на самоподготовку

Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС

Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения

Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели.

Согласована на портале № 37986

Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов.

Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы

Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры.

Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя.

Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поиска-обнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации.

14.1.7. Темы контрольных работ

Состав и функциональные задачи наземного и космического сегментов ГНСС. Функциональные задачи аппаратуры потребителя в ГНСС. Основные технические показатели подсистем и требования к ним.

Функциональная схема навигационного приемника потребителя, описание функций элементов схемы. Технические характеристики приемника и требования к ним.

Структура навигационного сигнала в ГНСС ГЛОНАС/GPS. Функция неопределенности непрерывного периодического сигнала с бинарной ARV/

Структура следящего контура формирования оценки текущей псевдодальности с использованием дальномерной ПСП

СКО оценки псевдозадержки в режиме слежения.

Постановка задачи оценки неизвестного постоянного параметра при использовании метода максимального правдоподобия. Оценка неизвестной фазы регулярного сигнала на фоне белого гауссовского шума. Порядок решения задачи, структура устройства обработки.

14.1.8. Темы лабораторных работ

Изучение структуры и формата радионавигационных сигналов в ГНСС (ГЛОНАСС/GPS).

Частотно-временная АКФ навигационного сигнала. Функция неопределенности.

Изучение структуры следящих систем в приемнике ГНСС (ГЛОНАСС/GPS).

Изучение принципов работы и процессов в частотном, временном и фазовом дискриминаторах

следящих систем приемника потребителя.

Изучение алгоритма обработки данных

в навигационном вычислителе. Алгоритм МНК.

Исследование алгоритма и процессов преобразования

сигналов в блоке поиска-обнаружения.

Расчет характеристик обнаружения.

14.1.9. Темы курсовых проектов / курсовых работ

1 Расчет энергетики радиолинии в ГНСС ГЛОНАСС. Вычисление требуемой мощности бортового генератора.

Навигационный вычислитель : алгоритм МНК в задаче оценки координат потребителя.Расчет текущих координат потребителя и поправки к шкале времени по заданным измерениям псевдодальностей.

2 Расчет энергетики радиолинии в ГНСС ГЛОНАСС. Вычисление отношения С/Ш на входе навигационного приемника. Навигационный вычислитель : алгоритм МНК в задаче оценки вектора скорости потребителя.Расчет текущих оценок и поправки к смещению частоты опорного генератора по заданным измерениям псевдодальностей и псевдоскоростей.

14.1.10. Методические рекомендации

Успешное освоение курса требует привлечения знаний по существу по всем ранее изученным курсам. По этой причине в ходе изложения учебного материала лектору следует адаптироваться к конкретной ситуации и при изложении материала обращать внимание аудитории на значимые вопросы из ранее изученных курсов. Достижение студентами требуемого уровня

Согласована на портале № 37986

знаний требует равномерной активной работы в течение семестра.

Особое внимание следует уделить знаниям в области спектрального и корреляционного анализа сигналов и основ статистической теории обнаружения и оценки параметров сигналов.

Лекционные занятия

Лекционные занятия рекомендуется проводить с применением демонстрационного материала, например, с демонстрацией презентаций. С учетом современных возможностей, желательно обеспечивать слушателей демонстрационным материалом на несколько лекции вперед. Материал этот носит иллюстративный характер и не должен подменять конспекта, который слушатель пишет самостоятельно.

Практические занятия

Практические занятия желательно проводить также с использованием имеющихся на кафедре технических средств для демонстрации материалов. Используя имеющиеся оригинальные программы, ряд задач можно выполнять дома. В этом случае в аудитории основное внимание концентрируется на методике использования пакетов программ.

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

Согласована на портале № 37986

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 № 37986