МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СИСТЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия наземных и космических систем связи, локации и навигации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **5**
Семестр: **10**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	10 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	48	48	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	10

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83362

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

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

1.2. Задачи дисциплины

1. формирование у студентов компетенций, позволяющих самостоятельно осваивать современные методы формирования и обработки сигналов в приемо-передающей аппаратуре ГНСС.
2. понимание сущности и особенностей процессов преобразования этих сигналов.
3. умение изложить постановку задачи по исследованию характеристик функциональных блоков навигационного приемника.
4. знание по содержанию проблем, связанных с повышением точности позиционирования в ГНСС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль специализации (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.ДВ.01.01.15.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 83362

ПК-7. Способен решать задачи оптимизации алгоритмов обработки сигналов в радиоэлектронных системах, в том числе с применением пакетов прикладных программ	ПК-7.1. Знает методы оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности	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
	ПК-7.2. Умеет применять современный математический аппарат для решения задачи оптимизации	Уметь выполнить оценку влияния технических параметров функциональных блоков на основные тактические характеристики космического навигационного комплекса.
	ПК-7.3. Владеет методами оптимизации проектируемых радиоэлектронных систем и комплексов	Владеть методами оптимизации характеристик основных элементов функциональной схемы ГНСС для достижения требуемых ТТХ космической навигационной системы

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		10 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	60	60
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	48	48
Подготовка к тестированию	18	18
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	16	16
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	14	14
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Согласована на портале № 83362

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
10 семестр						
1 Глобальные радионавигационные системы. Настоящее и прошлое. Проблемы	2	-	-	2	4	ПК-7
2 Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС	2	2	-	4	8	ПК-7
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения	2	2	4	6	14	ПК-7
4 Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели	4	2	-	4	10	ПК-7
5 Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов	4	2	-	4	10	ПК-7
6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы	4	4	4	8	20	ПК-7
7 Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры	2	2	-	4	8	ПК-7
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя	2	2	4	8	16	ПК-7
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поискаобнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации	4	2	4	8	18	ПК-7
Итого за семестр	26	18	16	48	108	
Итого	26	18	16	48	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
10 семестр			

Согласована на портале № 83362

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	ПК-7
	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	2	ПК-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 83362

3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения	Требования к радиосигналам ГНСС. Математическое описание радиосигналов. Фазоманипулированные сигналы. ФМ-н сигналы с модуляцией на поднесущей. Потенциальная точность оценки временной задержки и частотного сдвига. Энергетика радиолинии НКАпотребитель. Сигналы в ГНСС ГЛОНАСС и GPS. Навигационное сообщение , модуляция излученного сигнала сообщением.	2	ПК-7
	Итого	2	
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	4	ПК-7
	Итого	4	
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	4	ПК-7
	Итого	4	

Согласована на портале № 83362

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	4	ПК-7
	Итого	4	
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	2	ПК-7
	Итого	2	
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя	Математическая модель наблюдений псевдодальности и псевдо-скорости. Алгоритм метода наименьших квадратов. Структура и алгоритм расширенного фильтра Калмана	2	ПК-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 83362

9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поискаобнаружения. 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 поискаобнаружения. Перспективные направления технологии спутниковой навигации на современном этапе развития ГНСС.	4	ПК-7
	Итого	4	
	Итого за семестр	26	
	Итого	26	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
10 семестр			
2 Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС	Наземный сегмент и космический сегмент глобальных спутниковых систем.	2	ПК-7
	Итого	2	
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения	Структура навигационного сигнала глобальных спутниковых систем.	2	ПК-7
	Итого	2	
4 Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели	Задача координатно-временного обеспечения потребителя.	2	ПК-7
	Итого	2	
5 Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов	Структура приемника ГНСС.	2	ПК-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 83362

6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы	Способы построения МП измерителей и дискриминаторов.	4	ПК-7
	Итого	4	
7 Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры	Постановка задачи статистического синтеза линейного фильтра в контуре следящей системы.	2	ПК-7
	Итого	2	
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя	Метод наименьших квадратов в навигационной задаче координатно-частотно-временного обеспечения потребителя.	2	ПК-7
	Итого	2	
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поискаобнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации	Задача поиска и обнаружения сигналов НКА.	2	ПК-7
	Итого	2	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
10 семестр			
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения	Изучение радионавигационных сигналов в ГНСС.	4	ПК-7
	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.	4	ПК-7
	Итого	4	

Согласована на портале № 83362

8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя	Изучение алгоритма обработки данных в приёмнике ГНСС.	4	ПК-7
	Итого	4	
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поискаобнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации	Исследование алгоритма и процессов преобразования сигналов в блоке поиска и обнаружения.	4	ПК-7
	Итого	4	
	Итого за семестр	16	
	Итого	16	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
10 семестр				
1 Глобальные радионавигационные системы. Настоящее и прошлое. Проблемы	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Итого	2		
2 Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	4		
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-7	Лабораторная работа
	Итого	6		

Согласована на портале № 83362

4 Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	4		
5 Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	4		
6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-7	Лабораторная работа
	Итого	8		
7 Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	4		
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-7	Лабораторная работа
	Итого	8		

Согласована на портале № 83362

9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поискаобнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-7	Лабораторная работа
	Итого	8		
Итого за семестр		48		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		84		

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-7	+	+	+	+	Лабораторная работа, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
10 семестр				
Лабораторная работа	10	10	10	30
Тестирование	5	5	5	15
Отчет по практическому занятию (семинару)	5	10	10	25
Экзамен				30
Итого максимум за период	20	25	25	100
Нарастающим итогом	20	45	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Согласована на портале № 83362

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Статистические методы обработки сигналов в радиотехнических системах: Учебное пособие / В. И. Тисленко - 2007. 245 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2123.

7.2. Дополнительная литература

1. Демодуляция цифровых сигналов. Статистический и сигнальный подходы: Учебное пособие / А. В. Новиков - 2018. 51 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7150.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. О самостоятельной работе обучающихся в бакалавриате, специалитете, магистратуре, аспирантуре: Учебно-методическое пособие / С. В. Мелихов, В. А. Кологривов - 2018. 9 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7627.
2. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств : Учебно-методическое пособие для студентов при выполнении заданий по практике и лабораторным работам / В. И. Тисленко - 2016. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6547.

7.3.2. 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;

Согласована на портале № 83362

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. 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;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Visual Studio;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.3. 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;

Согласована на портале № 83362

- 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;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Visual Studio;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.4. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. 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 зрения** 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 № 83362

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Глобальные радионавигационные системы. Настоящее и прошлое. Проблемы	ПК-7	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Подсистемы ГНСС и их функции. GPS и ГЛОНАСС	ПК-7	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
3 Формат радионавигационных сигналов (РНС) ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Современные типы сигналов (BOC). Структура навигационного сообщения	ПК-7	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
4 Системная шкала времени. Шкала времени потребителя. Синхронизация шкал времени, нестабильность частоты и времени генераторов. Математические модели	ПК-7	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
5 Типовая структура приемника сигналов ГНСС. Функциональные задачи блоков. Двухэтапная обработка сигналов	ПК-7	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 83362

6 Статистический синтез оптимальных дискриминаторов в следящих системах за фазой, частотой, временной задержкой. Когерентный и некогерентный режим работы	ПК-7	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
7 Задача статистического синтеза оптимальных сглаживающих фильтров. Примеры	ПК-7	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
8 Задача нелинейной фильтрации координат потребителя. Алгоритмы решения навигационной задачи. Координатно-временное обеспечение потребителя	ПК-7	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
9 Задача поиска. Структура блока поиска. Технические требования и способы реализации. Характеристики блока поискаобнаружения. Обзор направлений совершенствования ГНСС на современном этапе развития теории и техники космической навигации	ПК-7	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть

Согласована на портале № 83362

2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

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

Согласована на портале № 83362

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 полностью известный детерминированный сигнал st( ) , поступающий на вход линейного фильтра в сумме с белым шумом nt( ) . 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 0 t . 4. Обеспечивает в некоторый момент времени 0 t наибольшее значение уровня полезного сигнала на выходе.
6. 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.
7. 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. 4. Обратно пропорционально от произведения длительности радиосигнала на ширину его частотного спектра.
8. 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).
9. 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.
10. 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 (корень из 2) раза (точность местоопределения возрастет). 3. СКП увеличится в 2 раз (точность местоопрделения понизится). 4. СКП оценки кодовой задержки увеличится в 4 раза (точность местоопределения понизится).

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Принцип функционирования ГНСС и основные параметры систем ГЛОНАСС и GPS
2. Метод определения местоположения потребителя и скорости его движения. Геометрия созвездия навигационных космических аппаратов (НКА).
3. 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.
4. Что дает использование сигнала с ФКМ модуляцией? Что дает использование

Согласована на портале № 83362

непрерывного режима излучения?

5. Функциональная схема приемника потребителя. Назначение функциональных блоков.
6. 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.
7. Функция неопределенности периодического навигационного радиосигнала с ФКМ (ее главные сечения).
8. 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.
9. Двухэтапная обработка сигнала в приемнике потребителя. Что выполняется на первом этапе обработки? Как реализуется эта обработка?
10. 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?
11. 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 аддитивного гауссовского шума. Представление МП оценки в рекурсив-ной форме.
12. МП оценка фазы полностью известного регулярного сигнала на фоне белого гауссовского шума. Блок схема устройства формирования оценки.
13. 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?
14. Понятие простого марковского случайного процесса. Что определяет многомерную ПРВ простого марковского процесса. Линейная динамическая система – уравнения вектора состояния.

9.1.3. Темы практических занятий

1. Наземный сегмент и космический сегмент глобальных спутниковых систем.
2. Структура навигационного сигнала глобальных спутниковых систем.
3. Задача координатно-временного обеспечения потребителя.
4. Структура приемника ГНСС.
5. Способы построения МП измерителей и дискриминаторов.
6. Постановка задачи статистического синтеза линейного фильтра в контуре следящей системы.
7. Метод наименьших квадратов в навигационной задаче координатно-частотно-временного обеспечения потребителя.
8. Задача поиска и обнаружения сигналов НКА.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Изучение радионавигационных сигналов в ГНСС.
2. Изучение структуры следящих систем в приемнике ГНСС.
3. Изучение алгоритма обработки данных в приёмнике ГНСС.
4. Исследование алгоритма и процессов преобразования сигналов в блоке поиска и обнаружения.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком

Согласована на портале № 83362

учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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;

Согласована на портале № 83362

– 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 № 83362

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 7 от «26» 12 2024 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	А.С. Аникин	Согласовано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Директор, каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Старший преподаватель, каф. РТС	Д.О. Ноздреватых	Согласовано, bd0039b0-9c48-4859-9803-60c9ddba7116

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. РТС	В.И. Тисленко	Разработано, 0a2d8cc6-e8bf-4fb0-87ba-b09504ddfbf0

Согласована на портале № 83362