

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радионавигационные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
АППАРАТУРА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СПУТНИКОВЫХ
РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ


| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.12 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 9 семестр - 4; 10 семестр - 1; всего - 5 |
| Часов (всего) по учебному плану: | 180 часов |
| Лекции | 9 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | не предусмотрено учебным планом |
| Лабораторные работы | 9 семестр - 16 часов; |
| Консультации | 9 семестр - 2 часа; 10 семестр - 16 часов; всего - 18 часов |
| Самостоятельная работа | 9 семестр - 93,5 часа; 10 семестр - 15,7 часов; всего - 109,2 часов |
| в том числе на КП/КР | 10 семестр - 15,7 часов; |
| Иная контактная работа | 10 семестр - 4 часа; |
| включая: Контрольная работа Лабораторная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 9 семестр - 0,5 часа; |
| Защита курсовой работы | 10 семестр - 0,3 часа; всего - 0,8 часа |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Шатилов А.Ю. |
| | Идентификатор | Re9a563c9-ShatilovAY-e2efc2d7 |

(подпись)

А.Ю. Шатилов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Сизякова А.Ю. |
| | Идентификатор | R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7 |

(подпись)

А.Ю. Сизякова

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Куликов Р.С. |
| | Идентификатор | R7ef0b374-KulikovRS-e851162c |

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении принципов построения и функционирования навигационной аппаратуры потребителей (НАП) СРНС, методы анализа и проектирования НАП

Задачи дисциплины

- формирование общего представления о структуре СРНС и места НАП в них;
- изучение структуры НАП и функций её блоков;
- изучение математических моделей структурных элементов НАП и определение их параметров;
- развитие навыков работы с инструментами компьютерного моделирования, анализа и проектирования структурных элементов НАП.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|--|
| ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов | ИД-3 _{ПК-1} Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки | знать: - характеристики составных элементов современной НАП; - состояние современных СРНС и их сегментов. |
| ПК-2 Способен выполнять компьютерное (имитационное) моделирование подсистем радиоэлектронных систем и комплексов и процессов для анализа параметров процессов и подсистем | ИД-1 _{ПК-2} Знает алгоритмы и типовые методики имитационного моделирования процессов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов | знать: - метод статистических эквивалентов применительно к моделированию НАП; - метод информационного параметра применительно к моделированию НАП. |
| ПК-3 Способен выполнять физическое моделирование процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов | ИД-2 _{ПК-3} Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных | знать: - типы выпускаемой НАП, их характеристики и распределение по объему производства и продаж. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радионавигационные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Теорию вероятностей и математическую статистику в объеме пройденных курсов высшей математики

- знать Линейную алгебру в объеме пройденных курсов высшей математики

- знать Радиоавтоматику в объеме одноименного курса

- знать Основы радиотехнических цепей и сигналов, спектрального анализа

- знать Численные методы решения нелинейных уравнений

- уметь Анализировать и упрощать векторно-матричные выражения

- уметь Программировать, моделировать алгоритмы и внешние воздействия

- уметь Искать необходимую информацию в Интернете

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке | 27 | 9 | 8 | 4 | - | - | - | - | - | - | 15 | - | <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке" материалу.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> | |
| 1.1 | Основы спутниковой навигации. Сигналы ГНСС. Структура навигационного приемника | 16 | | 4 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | | - |
| 1.2 | Антенная система и радиочастотный блок | 11 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 | | - |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------------------------|--|
| | | | | | | | | | | | | | [2], стр. 486-492 [4], стр. 2-16 | |
| 2 | Цифровая обработка навигационных сигналов | 54 | 16 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 30 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Цифровая обработка навигационных сигналов" |
| 2.1 | Коррелятор | 16 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Цифровая обработка навигационных сигналов" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Цифровая обработка навигационных сигналов и подготовка к контрольной работе <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Цифровая обработка навигационных сигналов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 136-190, 492-494 [3], стр. 46-53 [4], стр. 25-29 [5], стр. 155-171 |
| 2.2 | Слежение за сигналами | 11 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 | - | |
| 2.3 | Поиск и захват сигнала | 11 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 | - | |
| 2.4 | Демодуляция, синхронизация, декодирование и разбор сообщения | 16 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 3 | Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных | 27 | 8 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 15 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных" |
| 3.1 | Навигационные наблюдения | 11 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу |
| 3.2 | Решение | 16 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|----|----|----|---|----|---|---|---|-----|------|-------|--|
| | навигационной задачи | | | | | | | | | | | | | <p>"Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных" материалу.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 201-205 [2], стр. 555-598</p> |
| | Экзамен | 36.0 | | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | | 32 | 16 | - | - | 2 | - | - | 0.5 | 60 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | | 32 | 16 | - | | 2 | | - | 0.5 | | 93.5 | |
| | Курсовая работа (КР) | 36.0 | 10 | - | - | - | 16 | - | 4 | - | 0.3 | 15.7 | - | |
| | Всего за семестр | 36.0 | | - | - | - | 16 | - | 4 | - | 0.3 | 15.7 | - | |
| | Итого за семестр | 36.0 | | - | - | - | 16 | | 4 | | 0.3 | | 15.7 | |
| | ИТОГО | 180.0 | - | 32 | 16 | - | 18 | | 4 | | 0.8 | | 109.2 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке

1.1. Основы спутниковой навигации. Сигналы ГНСС. Структура навигационного приемника

Постановка задачи позиционирования. Системы координат и датумы. Методы решения задачи позиционирования. Техники позиционирования в ГНСС: SPP, DGNSS, RTK, PPK, PPP. Деление ГНСС на сегменты. Спутниковые группировки ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Beidou и функциональных дополнений. Наземные комплексы управления ГЛОНАСС, GPS, Galileo и Beidou. НАП как сегмент ГНСС. Функции и структура навигационного приемника. Типы навигационных приемников и их основные характеристики. Частотные диапазоны навигационных систем. Понятие и модель навигационного сигнала. Дальномерный код. Модуляция цифровой поднесущей. Оверлейные коды. Навигационное сообщение. Сигналы системы GPS. Сигналы системы ГЛОНАСС. Сигналы системы Galileo. Сигналы системы Beidou. Сигналы систем SBAS.

1.2. Антенная система и радиочастотный блок

Функция и структура антенны. Характеристики антенн: рабочие частоты и полоса, поляризация и диаграмма направленности, стабильность фазового центра, коэффициент усиления, шума и полоса малошумящего усилителя. Форматы файлов описания антенн. Типы используемых кабелей и их характеристики. Типы используемых разъемов. Модель сигнала на выходе антенны. Функции и структура радиочастотного блока. Опорный генератор и его характеристики. Синтезатор частот. Усиление и коэффициент шума радиочастотного блока и радиочастотного тракта. Аналого-цифрового преобразование. Линейность радиочастотного тракта. Модель сигнала на выходе радиочастотного тракта.

2. Цифровая обработка навигационных сигналов

2.1. Коррелятор

Математическая модель корреляционного преобразования. Теоретические предпосылки использования корреляционной обработки. Статистический эквивалент коррелятора. Аппаратная реализация канала коррелятора. Формирование опорного гармонического колебания. Шкала времени канала и генератор дальномерного кода. Обмен данными между каналом коррелятора и процессором..

2.2. Слежение за сигналами

Задача линейной и нелинейной фильтрации. Усреднение по неинформативными параметрам: когерентная и некогерентная обработка. Структура и функция системы слежения за фазой. Фазовые дискриминаторы. Сглаживающий фильтр третьего порядка. Ошибки слежения за фазой. Структура и функция системы слежения за частотой. Частотные дискриминаторы. Сглаживающий фильтр второго порядка. Ошибки слежения за частотой. Структура и функция системы слежения за задержкой. Дискриминаторы задержки. Сглаживающий фильтр первого порядка. Ошибки слежения за задержкой. Поддержка системы слежения за задержкой. Особенности слежения за сигналами с модуляцией поднесущей. Система оценки отношения сигнал/шум.

2.3. Поиск и захват сигнала

Задачи обнаружения, поиска, наведения и захвата на слежение. Постановка задачи обнаружения. Алгоритм обнаружения. Порог обнаружения. Критерий Неймана-Пирсона. Вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения. Когерентные и некогерентные донакопления. Характеристики процедуры поиска и требования к ним. Частота ложных

срабатываний. Чувствительность поиска. Неопределенность целеуказания. Время поиска сигнала. Вычислительная сложность. Трансформация характеристик поиска друг в друга. Многоэтапный поиск в несколько проходов с разными стратегиями. Многоэтапный поиск с сокращением поля. Поиск сложных сигналов. Поиск без порога сравнения. Аппаратная реализация блока поиска. Захват сигнала. Влияние внутрисистемных помех на захват сигнала. Дописк навигационных сигналов.

2.4. Демодуляция, синхронизация, декодирование и разбор сообщения

Символьная синхронизация. Символьно-оверлейная синхронизация. Снятие оверлейного кода. Требуемая вероятность ошибки приема данных. Демодуляция символов цифровой информации. Граница выделения данных. Декодирование. Кадровая синхронизация. Разбор сообщения сигналов ГЛОНАСС. Разбор сообщения LNAV сигналов GPS. Представление сообщений в форматах RINEX и бинарных протоколов обмена данными.

3. Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных

3.1. Навигационные наблюдения

Время фиксации измерений. Аппаратная реализация шкалы времени приемника. Считывание времени фиксации измерений. Фиксация внешней метки времени. Требования к синхронизации шкалы времени приемника с системной шкалой. Процедура коррекции шкалы времени приемника. Псевдодальность. Псевдозадержка. Разрешение неоднозначности кодового сигнального времени. Оценка кодового сигнального времени. Фаза. Оценка полной фазы несущей сигнала промежуточной частоты. Формирование измерений псевдофазы. Доплеровский сдвиг частоты. Момент предшествования. Представление наблюдений в форматах RINEX и бинарных протоколах обмена. Погрешности измерений. Модель измерений псевдодальности, псевдофазы и псевдочастоты. Ионосферная задержка. Тропосферная задержка. Уход бортовых часов. Задержка в тракте приемника.

3.2. Решение навигационной задачи

Расчет положения спутника. Форматы представления эфемерид. Кеплеровская возмущенная орбита. Одношаговый алгоритм решения навигационной задачи. Определение положения псевдодальномерным методом. Решение системы уравнений методом Ньютона. Многосистемное решение. Вычисление вектора скорости. Фильтрационный алгоритм решения навигационной задачи. Алгоритмы фильтрации вторичных оценок. Контроль целостности. Требования к целостности. Автономный контроль целостности. Заградительные и имитационные помехи. Методы повышения помехоустойчивости. Требования к линейности радиочастотного тракта для обеспечения помехоустойчивости приемника.

3.3. Темы практических занятий не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Решение навигационной задачи по псевдодальномерным измерениям;
2. Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели;
3. Прогнозирование спутникового созвездия;
4. Ошибки позиционирования в городских условиях.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Коррелятор"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Коррелятор"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 10 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Разработка модуля расчета координат спутника

График выполнения курсового проекта

| Неделя | 1 - 5 | 6 - 10 | 11 - 15 | Зачетная |
|---|-------|--------|---------|--------------------------|
| Раздел курсового проекта | 1 | 2 | 3 | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, % | 20 | 30 | 50 | - |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 20 | 50 | 100 | - |

| Номер раздела | Раздел курсового проекта |
|---------------|---------------------------------|
| 1 | Использование сторонних средств |
| 2 | Моделирование |
| 3 | Реализация |

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|---|------------------|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Знать: | | | | | |
| состояние современных СРНС и их сегментов | ИД-3ПК-1 | + | | | Контрольная работа/Модель сигнала ГНСС |
| характеристики составных элементов современной НАП | ИД-3ПК-1 | + | + | | Лабораторная работа/Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели Контрольная работа/Статистический эквивалент коррелятора |
| метод информационного параметра применительно к моделированию НАП | ИД-1ПК-2 | | + | + | Лабораторная работа/Прогнозирование спутникового созвездия Лабораторная работа/Решение навигационной задачи по псевдодальномерным измерениям |
| метод статистических эквивалентов применительно к моделированию НАП | ИД-1ПК-2 | | + | | Лабораторная работа/Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели |
| типы выпускаемой НАП, их характеристики и распределение по объему производства и продаж | ИД-2ПК-3 | + | | | Лабораторная работа/Ошибки позиционирования в городских условиях |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели (Лабораторная работа)
2. Ошибки позиционирования в городских условиях (Лабораторная работа)
3. Прогнозирование спутникового созвездия (Лабораторная работа)
4. Решение навигационной задачи по псевдодальномерным измерениям (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Модель сигнала ГНСС (Контрольная работа)
2. Статистический эквивалент коррелятора (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №9)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

Курсовая работа (КР) (Семестр №10)

По дисциплине за 10 семестр выставляется итоговая оценка промежуточной аттестации, которая определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих, полученных в 10 семестре обучения

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Перов, А. И. Статистическая теория радиотехнических систем : Учебное пособие для вузов по специальности 200700 "Радиотехника" направления 654200 "Радиотехника" / А. И. Перов . – М. : Радиотехника, 2003 . – 400 с. - ISBN 5-931080-47-3 .;
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Р. В. Бакитько, [и др.] ; Ред. А. И. Перов, В. Н. Харисов . – 4-е изд., перераб. и доп. . – М. : Радиотехника, 2010 . – 800 с. - ISBN 978-5-88070-251-0 .;
3. Перов, А. И. Методы и алгоритмы оптимального приема сигналов в аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем : учебное пособие для вузов по направлению 210601 "Радиоэлектронные системы и комплексы" / А. И. Перов . – М. : Радиотехника, 2012 . – 240 с. - ISBN 978-5-88070-031-8 .;

4. Шатилов, А. Ю. Характеристики радиосигналов глобальных спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, BEIDOU и функциональных дополнений SBAS : учебное пособие по курсам "Основы построения спутниковых радионавигационных систем", "Особенности спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo" по направлению "Радиоэлектронные системы и комплексы" / А. Ю. Шатилов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 36 с. - ISBN 978-5-7046-1650-4 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8177;

5. В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин- "Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС", Издательство: "Сибирский федеральный университет (СФУ)", Красноярск, 2012 - (260 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229187>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Python.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | А-402, Учебная аудитория | парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Ж-400/5, Лаборатория «Системы передачи информации» | стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, указка, стенд лабораторный |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Ж-400/5, Лаборатория «Системы передачи информации» | стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, указка, стенд лабораторный |
| Учебные аудитории для | Ж-400/5, Лаборатория | стол преподавателя, стол, стул, шкаф |

| | | |
|--|--|--|
| проведения промежуточной аттестации | «Системы передачи информации» | для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, указка, стенд лабораторный |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Ж-400/3, Консультационный зал каф. "РТС" | стол, стул, шкаф для документов, книги, учебники, пособия |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Ж-400/9, Прочее каф. "РТС" | стеллаж для хранения книг, стул, книги, учебники, пособия |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Модель сигнала ГНСС (Контрольная работа)
- КМ-2 Ошибки позиционирования в городских условиях (Лабораторная работа)
- КМ-3 Статистический эквивалент коррелятора (Контрольная работа)
- КМ-4 Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели (Лабораторная работа)
- КМ-5 Прогнозирование спутникового созвездия (Лабораторная работа)
- КМ-6 Решение навигационной задачи по псевдодальномерным измерениям (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 6 | 7 | 12 | 14 | 16 |
| 1 | Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке | | | | | | | |
| 1.1 | Основы спутниковой навигации. Сигналы ГНСС. Структура навигационного приемника | | + | + | | | | |
| 1.2 | Антенная система и радиочастотный блок | | | | + | + | | |
| 2 | Цифровая обработка навигационных сигналов | | | | | | | |
| 2.1 | Коррелятор | | | | + | + | | |
| 2.2 | Слежение за сигналами | | | | | + | | |
| 2.3 | Поиск и захват сигнала | | | | | + | | |
| 2.4 | Демодуляция, синхронизация, декодирование и разбор сообщения | | | | | | + | + |
| 3 | Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных | | | | | | | |
| 3.1 | Навигационные наблюдения | | | | | | + | + |
| 3.2 | Решение навигационной задачи | | | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 20 | 15 | 20 | 15 | 15 | 15 |

10 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

Вид промежуточной аттестации – .

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: |
|------------------|-------------------|---------------|
| | | Неделя КМ: |
| | | Вес КМ, %: |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем

(название дисциплины)

10 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 Выполнение раздела Использование сторонних средств

КМ-2 Выполнение раздела Моделирование

КМ-3 Выполнение раздела Реализация

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 |
|---------------|--|------------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 5 | 10 | 15 |
| 1 | Использование сторонних средств | | + | | |
| 2 | Моделирование | | | + | |
| 3 | Реализация | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 20 | 30 | 50 |