**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: Радиоэлектронные системы и комплексы**

**Уровень образования: высшее образование - специалитет**

**Форма обучения: Очная**

# Оценочные материалы
# по дисциплине
# Аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем

**Москва**
**2024**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Руководитель образовательной программы | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»<br>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ<br>Владелец: Сизякова А.Ю.<br>Идентификатор: R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7 | А.Ю. Сизякова |
| Заведующий выпускающей кафедрой | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»<br>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ<br>Владелец: Куликов Р.С.<br>Идентификатор: R7ef0b374-KulikovRS-e851162c | Р.С. Куликов |

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. 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 Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки

2. ПК-2 Способен выполнять компьютерное (имитационное) моделирование подсистем радиоэлектронных систем и комплексов и процессов для анализа параметров процессов и подсистем

ИД-1 Знает алгоритмы и типовые методики имитационного моделирования процессов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов

3. ПК-3 Способен выполнять физическое моделирование процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов

ИД-2 Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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)

**БРС дисциплины**

9 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
| | Срок КМ: | 4 | 6 | 7 | 12 | 14 | 16 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Навигационные сигналы и их подготовка к цифровой обработке | | | | | | |
| Основы спутниковой навигации. Сигналы ГНСС. Структура навигационного приемника | + | + | | | | |
| Антенная система и радиочастотный блок | | | + | + | | |
| Цифровая обработка навигационных сигналов | | | | | | |
| Коррелятор | | | + | + | | |
| Слежение за сигналами | | | | + | | |
| Поиск и захват сигнала | | | | + | | |
| Демодуляция, синхронизация, декодирование и разбор сообщения | | | | | + | + |
| Подготовка и обработка навигационных наблюдений и данных | | | | | | |
| Навигационные наблюдения | | | | | + | + |
| Решение навигационной задачи | | | | | + | + |
| Вес КМ: | 20 | 15 | 20 | 15 | 15 | 15 |

10 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % |
|---|---|
| | Индекс КМ: |
| | Срок КМ: |
| Вес КМ: | |

$Общая часть/Для промежуточной аттестации$

**БРС курсовой работы/проекта**

10 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 |
| | Срок КМ: | 5 | 10 | 15 |
| Использование сторонних средств | | + | | |
| Моделирование | | | + | |
| Реализация | | | | + |
| Вес КМ: | | 20 | 30 | 50 |

**СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

***I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций***

| Индекс компетенции | Индикатор | Запланированные результаты обучения по дисциплине | Контрольная точка |
|---|---|---|---|
| ПК-1 | ИД-3$_{ПК-1}$ Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки | Знать:<br>состояние современных СРНС и их сегментов характеристики составных элементов современной НАП | Модель сигнала ГНСС (Контрольная работа)<br>Статистический эквивалент коррелятора (Контрольная работа)<br>Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели (Лабораторная работа) |
| ПК-2 | ИД-1$_{ПК-2}$ Знает алгоритмы и типовые методики имитационного моделирования процессов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов | Знать:<br>метод статистических эквивалентов применительно к моделированию НАП<br>метод информационного параметра применительно к моделированию НАП | Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели (Лабораторная работа)<br>Прогнозирование спутникового созвездия (Лабораторная работа)<br>Решение навигационной задачи по псевдодальномерным измерениям (Лабораторная работа) |
| ПК-3 | ИД-2$_{ПК-3}$ Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных | Знать:<br>типы выпускаемой НАП, их характеристики и распределение по объему производства и продаж | Ошибки позиционирования в городских условиях (Лабораторная работа) |

*II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания*

**КМ-1. Модель сигнала ГНСС**

**Формы реализации**: Письменная работа
**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная контрольная работа с индивидуальными заданиями

**Краткое содержание задания:**
Записать математическую модель сигнала ГНСС в соответствии с номером варианта на основании анализа Интерфейсного контрольного документа соответствующей навигационной системы

**Контрольные вопросы/задания:**

| | |
|---|---|
| Знать: состояние современных СРНС и их сегментов | 1.С какой целью применяется модуляция сигнала дальномерным кодом?<br>2.С какой целью применяется модуляция сигнала цифровой поднесущей?<br>3.С какой целью применяется модуляция сигнала навигационным сообщением? |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

**КМ-2. Ошибки позиционирования в городских условиях**

**Формы реализации**: Защита задания
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** перед выполнением лабораторной работы проводится опрос по контрольным вопросам после выполнения лабораторной работы студент готовит сообщение по изученной теме с обоснованием тезисов сообщения

результатами, полученными при выполнении лабораторной работы особое внимание уделяется связи вопросов теории с практическими результатами и обоснованию выводов по работе

**Краткое содержание задания:**

Установите программу NMEA.Tools или её аналог на мобильный телефон.
В трех разных условиях приема (открытая площадка, низкоэтажная застройка, высокоэтажная застройка) получите оценку местоположения в программе NMEA.Tools и сравните полученную оценку с актуальным местоположением.
Проведите расчет ошибки позиционирования в разных условиях.

**Контрольные вопросы/задания:**

| | |
|---|---|
| Знать: типы выпускаемой НАП, их характеристики и распределение по объему производства и продаж | 1.Чем отличаются техники позиционирования SPP, DGNSS, RTK и PPK?<br>2.Как соотносятся длительность символа дальномерного кода сигнала GPS C/A и длительность одного периода несущей?<br>3.Оценки каких параметров, характеризующих местоположение потребителя, может формировать навигационный приемник?<br>4.Что такое геометрический фактор навигационного решения?<br>5.Сигналы какого количества спутников необходимо обрабатывать навигационному приемнику для формирования оценок 3 пространственных координат? |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 85
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и ответы на все вопросы преподавателя правильные

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, и ответы на вопросы преподавателя в основном правильные

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено и в ответах на вопросы преподавателя есть ошибки

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или ответы на вопросы преподавателя неверны

### КМ-3. Статистический эквивалент коррелятора

**Формы реализации**: Письменная работа
**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Запись математической модели выходного сигнала корреляторa и оценка её численных значений для параметров согласно номеру варианта

**Краткое содержание задания:**
Записать статистический эквивалент выходного сигнала коррелятора и рассчитать его значения, нанести на диаграмму

**Контрольные вопросы/задания:**

| | |
|---|---|
| Знать: характеристики составных элементов современной НАП | 1.Как изменится диаграмма выходного сигнала коррелятора при увеличении фазы опорного сигнала на 30 градусов?<br>2.Как связана дисперсия шума выходных наблюдений коррелятора с ошибкой опорного сигнала по частоте?<br>3.Как связан отклик сигнала коррелятора с символьной скоростью дальномерного кода навигационного сигнала? |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### КМ-4. Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели

**Формы реализации**: Защита задания
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** перед выполнением лабораторной работы проводится опрос по контрольным вопросам после выполнения лабораторной работы студент готовит сообщение по изученной теме с обоснованием тезисов сообщения результатами, полученными при выполнении лабораторной работы особое внимание уделяется связи вопросов теории с практическими результатами и обоснованию выводов по работе

**Краткое содержание задания:**

С помощью имитационной модели получить осциллограммы и спектры процессов в блоках коррелятора:

- при приеме сигнала на фоне мешающей гармонической помехи и без неё;
- при наличии и отсутствии собственного шума приемника;
- при различных значениях полосы пропускания фронтенда приемника;
- при различном числе разрядов АЦП;
- при различном числе разрядов опорных колебаний в корреляторе;
- при различных настройках формирующего опорное ПСП регистра сдвига.

**Контрольные вопросы/задания:**

| | |
|---|---|
| Знать: характеристики составных элементов современной НАП | 1.Какую математическую операцию осуществляет коррелятор?<br>2.Как формируется опорный гармонический сигнал коррелятора?<br>3.Как формируется опорный дальномерный код коррелятора?<br>4.Как управляется фаза опорного гармонического сигнала?<br>5.Как управляется задержка опорного дальномерного кода? |
| Знать: метод статистических эквивалентов применительно к моделированию НАП | 1.Как влияет частота дискретизации сигнала на работу коррелятора?<br>2.Как выбирается расстройка между компонентами коррелятора?<br>3.Как происходит обмен данных между процессором и коррелятором? |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 85
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и ответы на все вопросы преподавателя правильные

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, и ответы на вопросы преподавателя в основном правильные

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено и в ответах на вопросы преподавателя есть ошибки

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или ответы на вопросы преподавателя неверны

**КМ-5. Прогнозирование спутникового созвездия**

**Формы реализации**: Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** перед выполнением лабораторной работы проводится опрос по контрольным вопросам после выполнения лабораторной работы студент готовит сообщение по изученной теме с обоснованием тезисов сообщения результатами, полученными при выполнении лабораторной работы особое внимание уделяется связи вопросов теории с практическими результатами и обоснованию выводов по работе

**Краткое содержание задания:**

При подготовке к лабораторной работе спрогнозировать видимость спутников глобальных навигационных систем в месте и во время проведения лабораторной работы: состав спутников каждой ГНСС, угол места и азимут для каждого космического аппарата.
Установить программу GPSTest на мобильный телефон.
Найти и изучить в сети Интернет информацию о навигационном приемнике, используемом в мобильном телефоне.
Определить список поддерживаемых им ГНСС.
В момент проведения лабораторной работы в заданное время и заданном месте провести наблюдения сигналов спутников ГНСС, зафиксировать в программе GPSTest наблюдаемое спутниковое созвездие.

**Контрольные вопросы/задания:**

| | |
|---|---|
| Знать: метод информационного параметра применительно к моделированию НАП | 1.Перечислите глобальные навигационные спутниковые системы второго поколения, развернутые и разворачиваемые в настоящее время<br>2.Сколько функционирующих спутников содержат системы GPS, ГЛОНАСС, Galelio, Beidou?<br>3.Наблюдения какого числа спутников необходимы навигационному приемнику для определения трех пространственных координат при одновременном использовании нескольких навигационных систем? |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 85
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и ответы на все вопросы преподавателя правильные

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, и ответы на вопросы преподавателя в основном правильные

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено и в ответах на вопросы преподавателя есть ошибки

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или ответы на вопросы преподавателя неверны

**КМ-6. Решение навигационной задачи по псевдодальномерным измерениям**

**Формы реализации**: Защита задания
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** перед выполнением лабораторной работы проводится опрос по контрольным вопросам после выполнения лабораторной работы студент готовит сообщение по изученной теме с обоснованием тезисов сообщения результатами, полученными при выполнении лабораторной работы особое внимание уделяется связи вопросов теории с практическими результатами и обоснованию выводов по работе

**Краткое содержание задания:**

С помощью лазерного дальномера оценить координаты условных спутников.
Для индивидуально заданной точки измерить расстояние до каждого условного спутника.
Составить программу оценки координат заданной точки по проведенным измерениям.
Получить оценки координат, в том числе для случая внесенных в измерения смещений.
Дополнить программу алгоритмом автономного контроля целостности, проверить его работу при внесении в одно из измерений аномальной ошибки.

**Контрольные вопросы/задания:**

| | |
|---|---|
| Знать: метод информационного параметра применительно к моделированию НАП | 1.Какими параметрами описывается движение спутника GPS в его эфемеридной модели?<br>2.Какими параметрами описывается движение спутника ГЛОНАСС в его эфемеридной модели?<br>3.Сколько аномальных измерений способен исключить алгоритм автономного контроля целостности?<br>4.Что такое целостность навигационного решения? |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 85
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и ответы на все вопросы преподавателя правильные

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, и ответы на вопросы преподавателя в основном правильные

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено и в ответах на вопросы преподавателя есть ошибки

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или ответы на вопросы преподавателя неверны

**Для курсового проекта/работы**

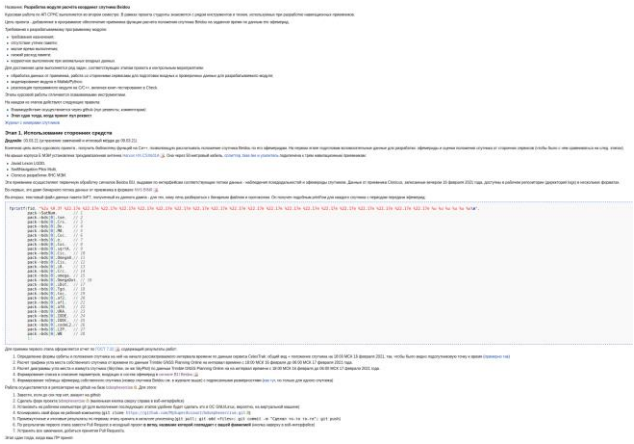
**10 семестр**

***I. Описание КП/КР***

Курсовая работа по АП СРНС выполняется в десятом семестре. В работы студенты знакомятся с рядом инструментов и техник, используемых при разработке навигационных приемников Цель проекта - добавление в программное обеспечение приемника функции расчета положения спутника Beidou на заданное время по данным его эфемерид Требования к разрабатываемому программному модулю: требования назначения отсутствие утечек памяти малое время выполнения низкий расход памяти корректное выполнение при аномальных входных данных Для достижения цели выполняется ряд задач, соответствующих этапам проекта и контрольным мероприятиям: обработка данных от приемника, работа со сторонними сервисами для подготовки входных и проверочных данных для разрабатываемого модуля моделирование модуля в Matlab/Python реализация программного модуля на C/C++, включая юнит-тестирование в Check Этапы курсовой работы отличаются осваиваемыми инструментами

***II. Примеры задания и темы работы***

Пример задания



**Тематика КП/КР:**

Разработка модуля расчета координат спутника

**КМ-1. Выполнение раздела Использование сторонних средств**
**Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 65
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

**КМ-2. Выполнение раздела Моделирование**
**Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 65
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

**КМ-3. Выполнение раздела Реализация**
**Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 65
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

**9 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

**Пример билета**

| | | |
|---|---|---|
| | **Экзаменационный билет № 00** | *Утверждаю:* |
| **НИУ «МЭИ»** | Кафедра радиотехнических систем ИРЭ | Зав. кафедрой РТС |
| | Дисциплина *Аппаратура потребителей СРНС* | Р.С. Куликов |

В. Пусть сигнал на выходе АЦП описывается математической моделью

$$y_i = S(t_i) + n_i, \qquad (1)$$

где

$S(t_i)$ – навигационный сигнал,

$n_i$ – шум наблюдений – белый гауссовский шум с постоянной дисперсией $\sigma_n^2$ и нулевым математическим ожиданием,

$t_i$ – время по шкале приемника на $i$-й отсчет АЦП с момента включения $t_1$, $t_i = (i-1)T_d$, $T_d = 1/F_d$ – интервал дискретизации.

Для навигационного сигнала справедлива модель

$$S(t_i) = S(t_{k,l}) = AC(t_{k,l} - \tau_k)\cos(\omega_{1t} t_{k,l} + \omega_k (l-1)T_d + \varphi_k), \qquad (2)$$

в которой использована двойная индексация времени

$$t_i = t_{k,l} = t_{1,1} + (k-1)T + (l-1)T_d, \; i = (k-1)L + l, \qquad (3)$$

при которой

вся временная ось разбивается на интервалы одинаковой длительности ($T$ секунд или $L$ отсчетов АЦП);

интервалы нумеруются индексом $k$, а отсчеты внутри интервала – индексом $l = 1..L$.;

где $C(t)$ - функция модуляции дальномерным кодом (период 1 мс, 511 символов на период, принимает значения $\pm 1$), $A$ - амплитуда сигнала, $\omega_{1t} = 2\pi f_{1t}$ – номинальная промежуточная частота сигнала, выраженная в радианах в секунду. Параметры $\tau_k$, $\varphi_k$ и $\omega_k$ – наблюдаемые в шкале времени приемника задержка огибающей, начальная фаза и отклонение частоты сигнала от номинала (зачастую называемое доплеровским сдвигом). В данной математической модели они принимаются неизменными на $k$-м интервале, что и служит причиной введения двойной индексации времени.

В процессе обработки сигнала производится расчет корреляционных сумм:

$$\begin{aligned} I_k &= \sum_{l=1}^{L} y_{k,l}\, C(t_{k,l} - \tilde{\tau}_k)\cos(\omega_{1t} t_{k,l} + \tilde{\omega}_k (l-1)T_d + \tilde{\varphi}_k), \\ Q_k &= \sum_{l=1}^{L} y_{k,l}\, C(t_{k,l} - \tilde{\tau}_k)\sin(\omega_{1t} t_{k,l} + \tilde{\omega}_k (l-1)T_d + \tilde{\varphi}_k), \end{aligned} \qquad (4)$$

Пусть $t_{1,1} = 0$, параметры обрабатываемого сигнала:

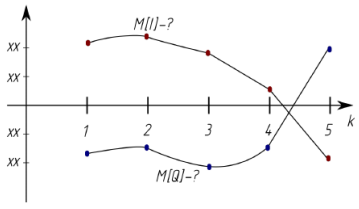
$\tau_1 = 0.073$ с, $\varphi_1 = 45$ град., $\omega_1 = -5000$ рад/с, $\varphi_{k+1} = \varphi_k + \omega_k T$, $\omega_{k+1} = \omega_k$, $\tau_{k+1} = \tau_k$

отношение сигнал/шум составляет 26 дБГц, СКО наблюдений $\sigma_n = 7$, интервал $T = 1$ мс, частота дискретизации $F_d = 99.375$ МГц, промежуточная частота $f_{1t} = 5$ МГц, параметры опорного сигнала:

$\tilde{\tau}_1 = 0.073$ с, $\tilde{\varphi}_1 = 45$ град., $\tilde{\omega}_1 = -6000$ рад/с, $\tilde{\varphi}_{k+1} = \tilde{\varphi}_k + \tilde{\omega}_k T$, $\tilde{\omega}_{k+1} = \tilde{\omega}_k$, $\tilde{\tau}_{k+1} = \tilde{\tau}_k$.

**Требуется** построить графики от времени математических ожиданий $M[I_k]$ и $M[Q_k]$ выходного сигнала коррелятора для $k = 1..5$ (подписать оси, расставить значения). Показать промежуточные рассчеты, как минимум, для первой точки:

$M[I_1] =$




С. Характеристики поиска сигнала. Время поиска, чувствительность, ложная тревога, правильное обнаружение, точность целеуказания и требования к ним. Процедура передачи целеуказания следящим системам.

**Процедура проведения**

Смешанная форма: теоретический вопрос, решение задачи Студент получает индивидуальный билет, готовится к ответу в течение не менее 60 минут Ответ преподавателю проходит в устной форме Студент рассказывает подготовленный материал по вопросам билета Студенту задают дополнительные вопросы по вопросам билета и разделам дисциплины На основании ответа студента формируется экзаменационная составляющая оценки

***I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины***

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-З$_{ПК-1}$ Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки

**Вопросы, задания**

1.Какое значение периода управления коррелятором слежения более характерно для навигационных приемников?
2.Какой порядок числа отсчетов АЦП, суммируемых на одном интервале накопления коррелятора, более характерен для навигационных приемников?
3.Оценку каких параметров сигнала осуществляет блок поиска?
4.Как составить структурную схему радиоэлектронного устройства или системы?

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Одновременную работу какого количества пользователей поддерживает система GPS?
Ответы:
а) 67108864
б) 268435456
в) 1073741824
г) более 4294967296

Верный ответ: г)

2.В какой из перечисленных систем используется разрывная системная шкала времени?
Ответы:
а) GPS
б) ГЛОНАСС
в) Galileo
г) Beidou

Верный ответ: б)

3.Номинальная высота орбиты спутников GPS составляет
Ответы:
а) 20180 м
б) 201800 м
в) 20180 км
г) 20180000 км

Верный ответ: в)

4.Отличие псевдозадержки от задержки навигационного сигнала системы GPS не превышает
Ответы:
а) 100 нс
б) 100 мкс

в) 100 мс
г) не ограничена

Верный ответ: г)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1$_{ПК-2}$ Знает алгоритмы и типовые методики имитационного моделирования процессов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов

**Вопросы, задания**

1.Отличается ли скорость света в вакууме в геодезической системе PZ-90.11 и WGS-84?
2.От какого года ведет отсчет системная шкала времени GPS?
3.В каком частотном диапазоне расположены несущие частоты ГНСС GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou?
4.Какие методы имитационного моделирования используются для моделирования процессов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов?

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Отклонение геоида от референц-эллипсоида геодезической системы ПЗ-90 достигает величины порядка

Ответы:
а) 0.01 метра
б) 0.1 метра
в) 1 метра
г) 100 метров

Верный ответ: г)

2.Большая полуось референц-эллипсоида в PZ-90.11 и WGS-84 отличаются на

Ответы:
а) 0 м б) 1 см в) 1 м г) 5 м

Верный ответ: в)

3.Время распространения сигнала от навигационного спутника до поверхности Земли составляет порядка

Ответы:
а) 100 нс
б) 100 мкс
в) 100 мс
г) 8 минут 19 секунд

Верный ответ: в)

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2$_{ПК-3}$ Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных

**Вопросы, задания**

1.Одновременную работу какого количества пользователей поддерживает система GPS?
2.Какую геодезическую систему использует навигационная система ГЛОНАСС?
3.Наблюдения какого числа спутников необходимы навигационному приемнику Beidou для одномоментного определения трех пространственных координат и времени?
4.Какую поляризацию имеют навигационные сигналы системы Galileo?

5.Как осуществлялась обработка экспериментальных данных, полученных в ходе выполнения первой лабораторной работы (оценки влияния условий распространения на точность навигации)?

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Какую геодезическую систему использует навигационная система GPS?

Ответы:

а) GTRF
б) PZ-90
в) WGS-84
г) R2D2

Верный ответ: в)

2.Какой из методов позиционирования реализуется в навигационном приемнике без использования дополнительных каналов связи?

Ответы:

а) DGNSS
б) SPP
в) RTK
г) PPP

Верный ответ: б)

3.Навигационная система GPS позволяет синхронизировать шкалу времени потребителя с системной с точностью порядка

Ответы:

а) 10 пс
б) 10 нс
в) 10 мкс
г) 10 мс

Верный ответ: б)

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70
*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60
*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50
*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### *III. Правила выставления итоговой оценки по курсу*

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

**Для курсового проекта/работы:**

**10 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Представление результатов КР комиссии, ответы на вопросы

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка:* 5
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70
*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка:* 4
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60
*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка:* 3
*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50
*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка:* 2
*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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