

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Особенности спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS,  
Galileo, Бэйдоу**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

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)

## 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-1 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

ИД-2 Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров

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-4 Умеет выполнять анализ и оптимизацию характеристик радиосигналов и параметров подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Расчет автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности заданного радионавигационного сигнала (Контрольная работа)

2. Расчет координат и вектора скорости НКА по данным альманаха (Контрольная работа)

3. Расчет межсистемных или внутрисистемных помех множественного доступа (Контрольная работа)

4. Формирование заданного радионавигационного сигнала по данным ИКД (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Орбитальные параметры НКА (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

10 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	14	15
Особенности построения орбитальных группировок и особенности формирования радионавигационных						

сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.					
Особенности построения орбитальных группировок; шкалы времени и систем координат СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.	+	+			
Методы формирования сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.			+		
Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, Бэйдоу					
Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС				+	
Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС GPS				+	
Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС Galileo				+	
Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС Бэйдоу				+	
Внутрисистемные и межсистемные помехи в СРНС					
Внутрисистемные и межсистемные помехи в СРНС					+
Вес КМ:	10	30	10	30	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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-1 <sub>ПК-1</sub> Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов	Знать: особенности построения и функционирования различных СРНС и критерии для построения различных орбитальных группировок, для разработки структуры различных сигналов и сигнальных созвездий СРНС	Орбитальные параметры НКА (Коллоквиум) Расчет координат и вектора скорости НКА по данным альманаха (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров	Уметь: пользоваться интерфейсными контрольными документами различных СРНС применительно к разработке алгоритмов формирования и приема сигналов СРНС	Формирование заданного радионавигационного сигнала по данным ИКД (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые	Знать: понятия внутрисистемных и межсистемных помех и новые технические решения в навигационной	Расчет автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности заданного радионавигационного сигнала (Контрольная работа)

	алгоритмы обработки	аппаратуре СРНС	
ПК-2	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Умеет выполнять анализ и оптимизацию характеристик радиосигналов и параметров подсистем радиоэлектронных систем и комплексов	Уметь: искать информацию о характеристиках заданной СРНС, применять полученную информацию при проектировании элементов и подсистем СРНС, использовать информацию о новых СРНС при последующей разработке навигационной аппаратуры потребителей СРНС; анализировать требования, предъявляемые потребителем к многосистемной навигационной аппаратуре при решении различных практических задач.	Расчет межсистемных или внутрисистемных помех множественного доступа (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Орбитальные параметры НКА

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент с места отвечает на вопрос и при необходимости иллюстрирует ответ на доске.

#### Краткое содержание задания:

Пояснить геометрический смысл кеплеровых элементов орбиты навигационного спутника

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности построения и функционирования различных СРНС и критерии для построения различных орбитальных группировок, для разработки структуры различных сигналов и сигнальных созвездий СРНС	1.Что такое аргумент перигея? 2.Что такое истинная аномалия? 3.Сколько спутников в орбитальной группировке ГЛОНАСС?
--	---

#### 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

### КМ-2. Расчет координат и вектора скорости НКА по данным альманаха

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдается задание и указания по его выполнению в письменной форме. Они его выполняют и сдают отчет с выводом алгоритма и результатами его программной реализации.

#### Краткое содержание задания:

Дано:

1. Текущая дата и время  $T$  в шкале времени UTC.
2. Спутниковая радионавигационная система (ГЛОНАСС, GPS, или Galileo).
3. Системный номер навигационного спутника.

Требуется:

1. Записать текущее время в  $T$  форматах систем ГЛОНАСС, GPS и Galileo, с учетом поправок между системными шкалами и UTC.
2. Найти альманах группировки заданной СРНС на заданную дату (в интернете). То есть, опорное время альманаха должно относиться к заданной дате, либо к ближайшей дате, если на заданную дату альманаха нет.
3. Рассчитать по альманаху координаты и вектор скорости заданного спутника на заданный момент времени, пользуясь алгоритмом из ИКД.
4. Представить исходные коды программы, выполненной расчета. Для возможности поиска ошибок записать также результаты промежуточных вычислений (интервал прогноза; текущие: наклонение, долгота восходящего узла, аргумент перигея; другие вычисляемые в алгоритме параметры).

Указаны:

1. Поправки между ШВ ГЛОНАСС и ШВ GPS, UTC (в пределах целой секунды) содержатся в альманахе ГЛОНАСС и как правило равны 0 (пренебрежимо малы).
2. Поправки на целое число секунд координации (*leap seconds*) между GPS, Galileo и UTC учитываются исходя из того, что с 1 января 2016 г GPS опережает UTC на 18 секунд. История поправок UTC: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Секунда\\_координации](https://ru.wikipedia.org/wiki/Секунда_координации).
3. Поправку времени (в пределах целой секунды) между шкалами Galileo и GPS полагать равной нулю.
4. Для GPS указывается полный номер недели с 1980 г, для Galileo – с 1999 г.
5. Архив с альманахами ГЛОНАСС и GPS находится на отрывком FTP-сервере ИАЦ ГЛОНАСС:  
<ftp://ftp.glonass-iac.ru/MCC/ALMANAC>  
Альманахи ГЛОНАСС имеют расширение \*.agl, альманахи GPS имеют расширение \*.agr. Формат файлов альманаха описан в файлах  
<ftp://ftp.glonass-iac.ru/MCC/FORMAT/Format.agl>  
<ftp://ftp.glonass-iac.ru/MCC/FORMAT/Format.agr>  
Архив с альманахами Galileo находится по адресу  
<http://www.esa.int/gsp/transport/infrastructure>
6. Для ГЛОНАСС пользоваться алгоритмом из ИКД «Общее описание системы с кодовым разделением сигналов» (Редакция 1.0). Провести проверку расчетов по контрольному примеру. Далее для выполнения задания параметры  $i_{sp}$ ,  $T_{sp}$  брать равными  $i_{sp}=63^\circ$ ,  $T_{sp}=43200$  с, как для системы с частотным разделением.
7. В ИКД систем GPS и Galileo приведены одинаковые алгоритмы для расчета координат спутников как по данным альманаха, так и по эфемеридам. В этих алгоритмах используются не только 6 элементов Кеплера, но и другие параметры, которые отсутствуют в альманахе. Их можно полагать нулевыми.
8. Если в ИКД отсутствует алгоритм расчета вектора скорости НКА, то скорость НКА находится путем аналитического или численного дифференцирования координат.



9. В ИКД GPS, Galileo выражение для истинной аномалии вида

$$v_k = \arctg\left(\frac{\sqrt{1-\varepsilon^2} \sin(Ek)}{\cos(Ek) - \varepsilon}\right) \quad \text{трактовать как}$$

$$v_k = \text{atan2}\left(\sqrt{1-\varepsilon^2} \sin(Ek), \cos(Ek) - \varepsilon\right) \quad (\text{полный угол арктангенса}).$$

10. В ИКД «ГЛОНАСС. Общее описание системы с кодовым разделением сигналов» (Редакция 1.0) на стр. 54 выражение

$$\omega' = a \tan \frac{h'}{l'}$$

трактовать как

$$\omega' = \text{atan2}(h', l').$$

11. Необходимо иметь в виду, что во всех языках программирования синтаксис функции  $\text{atan2} - \text{atan2}(y,x)$ , тогда как в MathCad аргументы записываются наоборот  $\text{atan2}(x,y)$ .

12. В альманахе системы Galileo поправка к большой полуоси aSqRoot это:

$$a\text{SqRoot} = \sqrt{A_0} - \sqrt{A},$$

где  $A_0 = 29600000$  м - номинальное значение большой полуоси;  $A$  - истинная большая полуось орбиты. Отсюда большая полуось равна  $A = \left(\sqrt{29600000 \text{ [м]}} - a\text{SqRoot}\right)^2 \text{ [м]}$

13. Не использовать ИКД Galileo, выпущенные до Issue 1.3, December 2016.

Варианты:

№	СРНС	Текущая дата и время $T$ в шкале UTC (дд/мм/гггг чч:мм:сс)	№ НКА (SVID)
1	GPS	22/01/2021 14:05:00	2
2	Galileo	25/12/2020 09:30:00	12
3	ГЛОНАСС	22/01/2019 14:05:00	2
4	GPS	30/06/2015 23:59:60.99	17
5	Galileo	29/02/2020 15:00:01.15	21
6	ГЛОНАСС	31/12/2016 23:59:60.99	8
7	GPS	17/06/2016 14:09:00	5
8	Galileo	08/01/2021 15:00:00	21
9	ГЛОНАСС	28/02/2017 12:00:01.7	6
10	GPS	29/02/2020 12:00:02.7	4
11	Galileo	01/01/2021 17:00:03.7	13
12	ГЛОНАСС	09/05/2018 23:16:25.362	12
13	GPS	08/03/2015 12:17:35.777	19
14	Galileo	31/12/2020 23:59:50	27
15	ГЛОНАСС	01/01/2017 00:00:00	14
16	GPS	02/02/2018 12:00:00.005	30
17	Galileo	01/06/2019 00:00:17	12
18	ГЛОНАСС	29/02/2020 15:30:01.789	7
19	GPS	14/07/2020 18:30:01.545	18
20	Galileo	03/03/2020 13:25:25	25
21	ГЛОНАСС	31/12/2016 23:59:30	4

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности построения и функционирования различных СРНС и критерии для построения различных орбитальных группировок, для разработки структуры различных сигналов и сигнальных созвездий СРНС	1.Как формируется шкала времени UTC? 2.Какие шкалы времени используются в СРНС
--	---

**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*

**КМ-3. Расчет автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности заданного радионавигационного сигнала**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдается задание и указания по его выполнению в письменной форме. Они его выполняют и сдают отчет с выводом алгоритма и результатами его программной реализации.

**Краткое содержание задания:**

Дано:

1. Спутниковая радионавигационная система (ГЛОНАСС, GPS, или Galileo).
2. Тип сигнала, или сигнальной компоненты (L1OF, L1Cr, L3OCd и т.п.)
3. Системный номер навигационного спутника, который всегда совпадает с номером псевдослучайной последовательности (ПСП) дальномерного кода (ДК).

Требуется:

1. Найти ИКД на заданный тип сигнала.
2. Записать длительность одного символа ДК.
3. В любой удобной среде мат. моделирования сформировать массив из дальномерного кода для заданного типа сигнала и заданного номера НКА. Количество элементов массива равно количеству бит в одном периоде ДК. Алгоритм формирования описан в ИКД.
4. Записать первые и последние 16 бит сформированного дальномерного кода. Проверить их правильность по таблицам, приведенным в ИКД (если они там есть).
5. Рассчитать автокорреляционную функцию (АКФ) ДК. Построить её график так, чтобы боковые лепестки занимали половину масштаба по оси ординат. Привести на графике значение максимума АКФ (при нулевом сдвиге).
6. Найти:
  - отношение максимального (про модулю) бокового лепестка АКФ к главному максимуму, в дБ:  $10\lg(|A_{\text{макс}}/A(0)|)$ ;
  - отношение среднеквадратического уровня боковых лепестков АКФ к главному максимуму, в дБ:  $10\lg(A_{\text{ср}}/A(0))$ .
7. Предъявить исходные коды программы, выполняющей расчеты.

Указания:

1. При расчете АКФ логический "0" ДК интерпретировать как "+1", логическую "1" - как "-1".
2. В зависимости от выбора среды мат. моделирования, может оказаться проще найти АКФ не напрямую (через сдвиг), а по теореме Винера-Хинчина, через спектр ДК. Например, в MATLAB:  $S = \text{fft}(ДК)$ ;  $АКФ = \text{ifft}(S.*\text{conj}(S))$ ;
3. Цифровую поднесущую и оверлейные коды не учитывать.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: понятия внутрисистемных и межсистемных помех и новые технические решения в навигационной аппаратуре СРНС	1.Алгоритм расчета автокорреляционной функции произвольного периодического 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

### КМ-4. Формирование заданного радионавигационного сигнала по данным ИКД

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдается задание и указания по его выполнению в письменной форме. Они его выполняют и сдают отчет с выводом алгоритма и результатами его программной реализации.

### Краткое содержание задания:

**Дано:**

1. Система и тип радионавигационного сигнала.
2. Если сигнал имеет 2 компоненты (пилотную и информационную), то задан системный номер НКА, с которого излучается этот сигнал.
3. Если сигнал имеет только информационную компоненту, то заданы 2 системных номера радионавигационного сигнала, которые соответствуют системным номерам НКА.

**Требуется:**

1. Смоделировать заданные радионавигационные сигналы в цифровой системе на промежуточной частоте с учетом уплотнения 2-х компонент (или разделения 2-х сигналов – частотного или кодового). Учесть также модуляцию
  - цифровой поднесущей (если она есть);
  - оверлейным кодом (если он есть);
  - навигационным сообщением в виде 101010101010...
 Частота дискретизации в 4 раза больше ширины спектра сигналов по главным лепесткам.
  - Промежуточная частота равна четверти частоты дискретизации.
  - Длительность выборки моделируемого сигнала 20 мс.
  - Начало сигнала синхронно с началом суток ШВС.
  - При моделировании сигнала амплитуду каждой компоненты полагать  $A=1$ .
  - Доплеровский сдвиг частоты и задержку полагать нулевыми.
2. Записать первые и последние 16 бит каждого дальномерного кода в уплотненном (суммарном) сигнале, проверить их по НКД (если они там есть).
3. Записать выбранные значения частоты дискретизации и промежуточной частоты.
4. Построить график любого участка сигнальной выборки, длительностью 5 символов дальномерного кода.
5. Рассчитать и построить энергетический спектр (в дБ) и автокорреляционную функцию смоделированного суммарного сигнала.
6. Привести исходный код программы, выполняющей расчеты.

**Указания:**

1. Моделирование проводить на основе НКД.
2. Сигналы Galileo E5a/E5b допускается приближенно моделировать как сигналы с модуляцией QPSK.
3. Сигнал Galileo E5 моделировать полностью, то есть как сигнал с модуляцией AltBOC(15,10).
4. Для сигналов ГЛОНАСС LxOF частота дискретизации выбирается в 4 раза больше ширины спектра суммы 2-х заданных сигналов. Для того чтобы определить границы спектра необходимо найти номера литерных частот заданных НКА по таблице отсюда: <https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/>; рассчитать значения литерных частот и отступить от них 0,511 МГц – вверх от верхней, вниз от нижней. Промежуточная частота более высокой литеры определяется как  $f_n = F_n / 4 + \Delta f / 2$ , более низкой – как  $f_n = F_n / 4 - \Delta f / 2$ , где  $F_n$  – частота дискретизации,  $\Delta f$  – разность (по модулю) литерных частот.

### Контрольные вопросы/задания:

<p><b>Уметь:</b> пользоваться интерфейсными контрольными документами различных СРНС применительно к разработке алгоритмов формирования и приема сигналов СРНС</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изобразить спектр сигнала с модуляцией ВОС(12,3) и рассчитать его ширину</li> <li>2. Записать текст программы для формирования дальномерного кода, используемого в сигнале ГЛОНАСС L1OF, пользуясь интерфейсным контрольным документом на этот сигнал.</li> </ol>
---	---

### 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

### КМ-5. Расчет межсистемных или внутрисистемных помех множественного доступа

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдается задание и указания по его выполнению в письменной форме. Они его выполняют и сдают отчет с выводом алгоритма и результатами его программной реализации.

### Краткое содержание задания:

Дано:

1. Система и тип принимаемого радионавигационного сигнала.

Требуется:

1. Записать центральную частоту и ширину спектра принимаемого сигнала.
2. Записать какие мешающие сигналы попадают в полосу полезного сигнала, и их количество. Количество мешающих сигналов брать исходя из того, что в зоне видимости находится половина полной группировки спутников каждой СРНС (ГЛОНАСС, GPS, Galileo). Сигналы санкционированного доступа тоже учитывать. Сигналы заданного типа от других НКА тоже являются мешающими.
3. Рассчитать коэффициенты спектрального разделения для всех типов мешающих сигналов. Считать, что ширина полосы пропускания радиочастотного тракта приемника совпадает с шириной спектра принимаемого сигнала по первым нулям. Для сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением при расчетах полагать, что полоса пропускания приемника охватывает весь заданный диапазон (в этом случае требуется записать граничные частоты этого диапазона).
4. Найти коэффициент снижения отношения с/ш на выходе коррелятора  $k_{\text{шн}}$  из-за действия внутрисистемных и межсистемных помех. Отношения с/ш по всем мешающим сигналам полагать равным  $q_{J/N_c} = 45$  дБГц.

Указания:

1. Использовать литературу:
  - а) материалы лекции 14 «Внутрисистемные и межсистемные помехи в СРНС»;
  - б) учебное пособие: Шатилов А.Ю. Характеристики радиосигналов глобальных спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Beidou и функциональных дополнений SBAS. Учеб. пособие для вузов. – М.: МЭИ, 2016, 36 с.;
  - в) материалы лекции 13 «Сигналы СРНС Galileo» по сигналам E1-A и E6-A.
2. Сигналы Galileo E5a/E5b допускается приблизительно рассматривать как сигналы с модуляцией QPSK(10).

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: искать информацию о характеристиках заданной СРНС, применять полученную информацию при проектировании элементов и подсистем СРНС, использовать информацию о новых СРНС при последующей разработке навигационной аппаратуры потребителей СРНС; анализировать требования, предъявляемые потребителем к многосистемной навигационной аппаратуре при решении различных практических задач.</p>	<p>1. Рассчитать коэффициент спектрального разделения между сигналами с модуляцией BPSK(2) и BOC(1,1), излучаемыми на одной и той же несущей частоте</p>
--	--

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения задания: 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 задания: 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 задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

**Пример билета**

1. Структура и основные характеристики (несущая, модуляция, уплотнение, спектр мощности) сигналов Galileo E1-B/C
2. Характеристики цифровых модулирующих последовательностей (ДК, ОК, НС) и навигационного сообщения в сигналах Galileo E1-B/C

**Процедура проведения**

Студент тянет билет, готовится к ответу не менее 60 мин, устно отвечает на вопросы, иллюстрируя ответы на листе бумаги. При подготовке допускается пользоваться распечатанными таблицами характеристик радионавигационных сигналов.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

**Вопросы, задания**

1. Параметры орбиты НКА. Понятие и назначение альманаха СРНС
2. Уплотнение радионавигационных сигналов: предпосылки и определения
3. Концепция пары сигналов: пилотный + информационный. Назначение пилотного и информационного сигналов

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Какой эффект можно отнести к достоинству использования частотного разделения сигналов по сравнению с кодовым разделением?

Ответы:

- а) Высокая помехоустойчивость к узкополосным помехам б) Неравномерность ГВЗ радиочастотного тракта в) Высокая точность определения частоты сигнала г) Высокая точность определения задержки сигнала

Верный ответ: а) Высокая помехоустойчивость к узкополосным помехам

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров

**Вопросы, задания**

1. Структура и основные характеристики (несущая, модуляция, уплотнение, спектр мощности) сигналов GPS L1 C/A
2. Характеристики цифровых модулирующих последовательностей (ДК, ОК, НС) и навигационного сообщения в сигналах GPS L1C
3. Коды Вейла (алгоритм формирования)

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В сигналах L1 C/A время в навигационном сообщении передается формате "номер недели" + "время от начала недели". С каким периодом сигнал передает номер недели равный 0, если в навигационном сообщении выделено 10 бит под поле "номер недели"?

Ответы:

- а) 10 недель б) 100 недель в) 1024 недель г) 10 000 000 000 недель

Верный ответ: в) 1024 недель

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки

### Вопросы, задания

1. Назначение и принцип наложения оверлейного кода
2. Табличный метод формирования дальномерного кода.
3. В чем заключается принцип действия внутрисистемных и межсистемных помех?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В каком из семейства радиосигналов используется частотное разделение

Ответы:

- а) GPS L1 C/A б) ГЛОНАСС L1OCp в) Galileo E1-A г) ГЛОНАСС L1SF

Верный ответ: г) ГЛОНАСС L1SF

2. Что способствует уменьшению внутрисистемных помех

Ответы:

- а) уменьшение значения взаимно-корреляционной функции между сигналами внутри системы б) увеличение значения взаимно-корреляционной функции между сигналами внутри системы в) использование помехоустойчивого кодирования навигационного сообщения г) увеличение ширины полосы пропускания радиочастотного тракта

Верный ответ: а) уменьшение значения взаимно-корреляционной функции между сигналами внутри системы

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-2 Умеет выполнять анализ и оптимизацию характеристик радиосигналов и параметров подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

### Вопросы, задания

1. Найти ширину спектра сигнала с модуляцией ВОС(15,10)
2. Изложить требования к кодеру навигационного сообщения
3. Назовите основные принципиальные различия систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какова ширина спектра радионавигационного сигнала (по нулям АКФ) с модуляцией BPSK и скоростью следования псевдослучайных символов 10.23 МГц?

Ответы:

- а) 1.023 МГц б) 20.46 МГц в) 40.94 МГц г) 101.7 МГц

Верный ответ: б) 20.46 МГц

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Ответ выполнен в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированы особенности практических решений

Оценка: 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ выполнен в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части ответов есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. В ответах есть недостатки, задача решена не до конца*

### ***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 зачетной составляющих