

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
ОСОБЕННОСТИ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ
СИСТЕМ ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, БЭЙДОУ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.18
Трудоемкость в зачетных единицах:	10 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	10 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	10 семестр - 75,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Коллоквиум Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	10 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

А.Ю. Шатилов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

А.Ю. Сизякова

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

Р.С. Куликов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение индивидуальных особенностей построения и функционирования 4-х наиболее развитых спутниковых радионавигационных систем (СРНС): ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу для использования этой информации при проектировании многосистемной навигационной аппаратуры потребителей.

Задачи дисциплины

- формирование знаний, позволяющих самостоятельно применять методы аналитического сравнения различных СРНС и их отдельных подсистем;
- приобретение умения анализировать структуры сигналов орбитальных группировок различных СРНС;
- формирование умений, позволяющих самостоятельно применять методы аналитического сравнения различных СРНС и их отдельных подсистем;
- приобретение умения анализировать особенности орбитальных группировок различных СРНС.

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-1 _{ПК-1} 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.
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-2 _{ПК-1} 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.
ПК-1 Способен разрабатывать	ИД-3 _{ПК-1} Знает методы построения структурных	знать: - понятия внутрисистемных и межсистемных помех и новые

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки	технические решения в навигационной аппаратуре СРНС.
ПК-2 Способен выполнять компьютерное (имитационное) моделирование подсистем радиоэлектронных систем и комплексов и процессов для анализа параметров процессов и подсистем	ИД-4 _{ПК-2} 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..

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 основы радиотехнических цепей и сигналов, понятия спектральной плотности мощности, автокорреляционной и взаимно корреляционной функций
- знать методы математического анализа
- знать основы цифровой сигнальной обработки и методы цифрового формирования сигналов
- знать основы построения радиопередатчиков и радиоприемных устройств
- знать основы небесной механики
- уметь программировать, моделировать алгоритмы и отображать необходимую информацию
- 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 3 зачетных единицы, 108 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	Особенности построения орбитальных группировок и особенности формирования радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.	32	10	12	-	-	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Особенности построения орбитальных группировок и частотные планы СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу. Частотное и кодовое разделение сигналов: определения, достоинства и недостатки и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности построения орбитальных группировок и частотные планы СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу. Частотное и кодовое разделение сигналов: определения, достоинства и недостатки"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.1.3, п. 2.4 [2], п.п. 1-3, 4.1, 4.2, 5 [3], стр. 45-51 [4], п.п. 1.1-1.3, 2.2-2.5, 3.1-3.4, 3.7, 5.1-5.6 [5], п.2, п.4, п.5.1-5.4</p>
1.1	Особенности построения орбитальных группировок; шкалы времени и систем координат СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.	14		4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
1.2	Методы формирования сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.	18		8	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
2	Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS,	44		16	-	-	-	-	-	-	-	28	-	

														[4], п.п. П6.1, П6.2, 13.6 [5], п.8.7
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7		
	Всего за семестр	108.0	32	-	-	-	-	-	-	0.3	58	17.7		
	Итого за семестр	108.0	32	-	-	-	-	-	-	0.3	75.7			

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. Особенности построения орбитальных группировок и особенности формирования радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.

1.1. Особенности построения орбитальных группировок; шкалы времени и систем координат СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.

Общие сведения о сетевых спутниковых радионавигационных системах (СРНС). Назначение и история создания СРНС. Обзор действующих и разворачиваемых в настоящее время СРНС. Обзор литературы по курсу. Орбитальное движение спутников: общие сведения, классические элементы орбиты спутника, движение спутника по невозмущенной орбите. Понятие орбитальной плоскости и рабочих точек. Критерии размещения спутников и выбора рабочих точек в группировке. Основные параметры орбитальных группировок СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.. Шкалы времени и системы координат, принятые в СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу..

1.2. Методы формирования сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.

Понятие частотного плана. Диапазоны частот, отведенные под СРНС. Главные несущие частоты СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу. Понятие семейства сигналов, необходимости разделения сигналов. Понятие дальномерного кода. Определения частотного и кодового разделения сигналов, сравнение этих видов разделения сигналов.. Автокорреляционная (АКФ) и взаимокорреляционная (ВКФ) функции дальномерных кодов. Уровень боковых лепестков АКФ и уровень ВКФ как показатели качества дальномерных кодов. Понятие и принципы наложения оверлейного кода.. Методы формирования дальномерных кодов. Виды модуляции. Методы уплотнения навигационных сигналов. Методы кодирования навигационных сообщений..

2. Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, Бэйдоу

2.1. Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС

Типы и назначение сигналов ГЛОНАСС. Существующие и перспективные сигналы. Несущие частоты, структура и спектры сигналов L1OF, L1SF, L2OF, L2SF, L3OC..

2.2. Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС GPS

Типы и назначение сигналов GPS. Существующие и перспективные сигналы. Несущие частоты, структура и спектры сигналов L1 C/A, L1 P(Y), L2 P(Y), L2C, L5, M-code, L1C..

2.3. Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС Galileo

Типы и назначение сигналов Galileo. Несущие частоты, структура и спектры сигналов E1-B/C, E6-B/C, E5a, E5b..

2.4. Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС Бэйдоу

Типы и назначение сигналов Бэйдоу. Несущие частоты, структура и спектры сигналов B1, B2, B3, B2a, B1C..

3. Внутрисистемные и межсистемные помехи в СРНС

3.1. Внутрисистемные и межсистемные помехи в СРНС

Понятия внутрисистемных и межсистемных помех.. Методы расчета уровня внутрисистемных и межсистемных помех..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности построения орбитальных группировок и частотные планы СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу. Частотное и кодовое разделение сигналов: определения, достоинства и недостатки"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сигналы СРНС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, Бэйдоу: частотные и спектральные характеристики сигналов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Понятия корреляционных свойств сигналов, дальномерных кодов и внутрисистемных помех"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Особенности построения орбитальных группировок и частотные планы СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу. Частотное и кодовое разделение сигналов: определения, достоинства и недостатки"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сигналы СРНС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, Бэйдоу: частотные и спектральные характеристики сигналов"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Понятия корреляционных свойств сигналов, дальномерных кодов и внутрисистемных помех"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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:					
особенности построения и функционирования различных СРНС и критерии для построения различных орбитальных группировок, для разработки структуры различных сигналов и сигнальных созвездий СРНС	ИД-1ПК-1	+			Коллоквиум/Орбитальные параметры НКА Контрольная работа/Расчет координат и вектора скорости НКА по данным альманаха
понятия внутрисистемных и межсистемных помех и новые технические решения в навигационной аппаратуре СРНС	ИД-3ПК-1	+			Контрольная работа/Расчет автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности заданного радионавигационного сигнала
Уметь:					
пользоваться интерфейсными контрольными документами различных СРНС применительно к разработке алгоритмов формирования и приема сигналов СРНС	ИД-2ПК-1		+		Контрольная работа/Формирование заданного радионавигационного сигнала по данным ИКД
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.	ИД-4ПК-2			+	Контрольная работа/Расчет межсистемных или внутрисистемных помех множественного доступа

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

10 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №10)

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

В диплом выставляется оценка за 10 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. 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>;
2. 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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8177>;
3. Шатилов, А. Ю. Радионавигационные системы : задачник по курсам "Методы оптимального приема сигналов в аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем" и "Особенности спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo" по направлению "Радиоэлектронные системы и комплексы" / А. Ю. Шатилов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 59 с. - ISBN

978-5-7046-2000-6 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10317>;

4. 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 .;

5. Перов, А. И. Основы построения спутниковых радионавигационных систем : учебное пособие для вузов по направлению 210601 "Радиоэлектронные системы и комплексы" / А. И. Перов . – М. : Радиотехника, 2012 . – 240 с. - ISBN 978-5-88070-317-3 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
4. Libre Office;
5. ОС Linux;
6. GNU Octave.

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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. 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
	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 промежуточной аттестации	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
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, 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-400/4, Кабинет сотрудников каф. "РТС"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет
Помещения для хранения оборудования и учебного	Ж-400/9, Прочее каф. "РТС"	стеллаж для хранения книг, стул, книги, учебники, пособия

инвентаря		
-----------	--	--

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Особенности спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу

(название дисциплины)

10 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Орбитальные параметры НКА (Коллоквиум)
- КМ-2 Расчет координат и вектора скорости НКА по данным альманаха (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчет автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности заданного радионавигационного сигнала (Контрольная работа)
- КМ-4 Формирование заданного радионавигационного сигнала по данным ИКД (Контрольная работа)
- КМ-5 Расчет межсистемных или внутрисистемных помех множественного доступа (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	14	15
1	Особенности построения орбитальных группировок и особенности формирования радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.						
1.1	Особенности построения орбитальных группировок; шкалы времени и систем координат СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.		+	+			
1.2	Методы формирования сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.				+		
2	Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, Бэйдоу						
2.1	Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС ГЛОНАСС					+	
2.2	Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС GPS					+	
2.3	Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС Galileo					+	
2.4	Структура и характеристики радионавигационных сигналов СРНС Бэйдоу					+	
3	Внутрисистемные и межсистемные помехи в СРНС						
3.1	Внутрисистемные и межсистемные помехи в СРНС						+
Вес КМ, %:			10	30	10	30	20

