

**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**  
**СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ, В ТОМ ЧИСЛЕ СИСТЕМЫ**  
**КЛАССА VSAT**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.19.02.01
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	9 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	9 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	9 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	9 семестр - 59,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> <b>Коллоквиум</b> <b>Решение задач</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	9 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Болдырев А.Р.
	Идентификатор	R2fe8a147-BoldyrevAR-7c7f6fea

(подпись)

А.Р. Болдырев

(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 радиосистем, предназначенных для передачи информации посредством формирования, излучения, распространения, приема и обработки электромагнитных колебаний с использованием радиооборудования специальных ИСЗ, в том числе систем класса VSAT

### Задачи дисциплины

- изучение принципов построения спутниковых систем связи, в том числе класса VSAT, и требований к их подсистемам;
- изучение обобщенных структурных схем подсистем спутниковых систем связи;
- освоение методов решения задач анализа показателей качества подсистем спутниковых систем связи;
- расчета характеристик подсистем спутниковых систем связи.

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 <sub>ПК-1</sub> Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов	знать: - особенности построения спутниковых систем связи, в том числе класса VSAT; - основные требования к подсистемам спутниковых систем связи.
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 <sub>ПК-1</sub> Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров	уметь: - объяснить построение обобщенных структурных схем подсистем спутниковых систем связи.

## 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 вопросы распространения радиоволн в различных средах
- уметь выполнять расчеты энергетика радиолинии
- уметь рассчитывать коэффициент усиления антенны по известным ее параметрам

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 ССС. Множественный доступ	54	9	18	-	6	-	-	-	-	-	30	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ". Студенты</p>
1.1	Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ	54		18	-	6	-	-	-	-	-	-	30	

													необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 545-550 [3], стр. 24-39, 165-190
2	Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС	53.7	14	-	10	-	-	-	-	-	29.7	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС". Студенты
2.1	Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС	53.7	14	-	10	-	-	-	-	-	29.7	-	необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 497-543 [3], стр. 87-114
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	

**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 ССС. Множественный доступ

##### 1.1. Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ

Общие сведения о спутниковых радиосистемах связи. Назначение и история создания ССС. Обзор действующих и разворачиваемых в настоящее время ССС. Показатели качества ССС. Множественный доступ. Частотное и кодовое разделение сигналов. Орбитальное движение спутников: общие сведения, классические элементы орбиты спутника, движение спутника по невозмущенной орбите. Понятие орбитальной плоскости и рабочих точек. Определение, назначение, состав ССС. Разновидности (сетевая структура) ССС. Орбитальное построение ССС. Размещение спутников на орбите. Понятие семейства сигналов, необходимости разделения сигналов. Определения частотного и кодового разделения сигналов, сравнение этих видов разделения сигналов. Исторические предпосылки применения частотного разделения сигналов в ССС. Преимущества применения кодового разделения сигналов в ССС. Множественный доступ к ретранслятору. Упрощенная модель спутниковой системы связи и характеристики ее подсистем. Упрощенная модель линии спутниковой связи, канал с общим нелинейным ретранслятором (РТР). Помехи в ССС с нелинейным ретранслятором. Различия в помеховой обстановке на линии "вверх" и "вниз".

#### 2. Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС

##### 2.1. Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС

Земные станции. Классификация земных станций, состав оборудования земных станций, основные характеристики и требования к этому оборудованию. Космический сегмент ССС. Спутниковый ретранслятор. Схема бортового ретрансляционного комплекса. Основные характеристики антенн. Структура приемо-передающего тракта РТР. Регенеративная и нерегенеративная ретрансляция сигналов. Спектральная эффективность сигналов в ССС. Энергетические и частотные возможности линии связи. Основные формы записи уравнения линии связи. Эффективность использования полосы частот. Пропускная способность линии спутниковой связи. Помехоустойчивость и спектральная эффективность ССС при использовании различных видов многопозиционных сигналов и помехоустойчивых кодов.. Теоремы Шеннона о пропускной способности гауссовского канала. Пропускная способность линии связи с прямой РТР сигналов и при обработке сигналов в РТР. Энергетическая и частотная эффективность ССС. Помехоустойчивость и помехозащищенность ССС. Виды внешних помех. Их влияние на показатели качества работы ССС. Методы повышения помехозащищенности ССС. Использование технологии ШПС для защиты от внешних помех. Показатели качества ССС и перспективы развития.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Состав ССС. Разновидности ССС. Орбитальное построение ССС. Размещение спутников на орбите. Системы класса VSAT;
2. Множественный частотный доступ к бортовому ретранслятору;
3. Множественный кодовый доступ к бортовому ретранслятору;
4. Регенеративная и нерегенеративная ретрансляция сигналов;
5. Основные формы записи уравнения линии связи. Использование для оценки мощности сигнала на входе ретранслятора;
6. Различные виды многопозиционных сигналов и помехоустойчивых кодов, используемых в ССС;
7. Пропускная способность линии связи с прямой РТР сигналов и при обработке сигналов в РТР;



8. Помехозащищенность ССС в присутствии внешних помех.

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**3.5 Консультации**

*Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС"

**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	
<b>Знать:</b>				
основные требования к подсистемам спутниковых систем связи	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+		Коллоквиум/Требования к показателям качества и их расчет для подсистем спутниковых систем связи, в том числе для систем класса VSAT
особенности построения спутниковых систем связи, в том числе класса VSAT	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+		Коллоквиум/Особенности построения спутниковых систем связи Коллоквиум/Требования к показателям качества и их расчет для подсистем спутниковых систем связи, в том числе для систем класса VSAT
<b>Уметь:</b>				
объяснить построение обобщенных структурных схем подсистем спутниковых систем связи	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>		+	Решение задач/Расчетное задание, часть 1 Решение задач/Расчетное задание, часть 2

## **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: Выполнение задания

1. Расчетное задание, часть 1 (Решение задач)
2. Расчетное задание, часть 2 (Решение задач)

Форма реализации: Устная форма

1. Особенности построения спутниковых систем связи (Коллоквиум)
2. Требования к показателям качества и их расчет для подсистем спутниковых систем связи, в том числе для систем класса VSAT (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №9)*

Оценка за освоение дисциплины определяется как семестровая оценка в соответствии с «Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Аджемов, А. С. Общая теория связи : учебник по дисциплине "Общая теория связи" для студентов и аспирантов по направлениям : 11.03.02 "Информационные технологии и системы связи" (бакалавриат), 11.04.02 "Информационные технологии и системы связи" (магистратура), 11.06.01 "Электроника, радиотехника и системы связи" (аспирантура) / А. С. Аджемов, В. Г. Санников . – Москва : Горячая Линия-Телеком, 2020 . – 624 с. - ISBN 978-5-9912-0690-7 .;
2. Немировский , М. С. Основы построения систем спутниковой связи / М. С. Немировский , Б. А. Локшин, Д. А. Аронов ; ред. М. С. Немировский . – Москва : Горячая Линия-Телеком, 2021 . – 432 с. - ISBN 978-5-9912-0580-1 .;
3. Г. И. Линец, А. В. Велигоша- "Спутниковые и радиорелейные системы передачи" 1, Издательство: "Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ)", Ставрополь, 2016 - (215 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458063>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. MathCad;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Acrobat Reader.

### 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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>  
<http://docs.cntd.ru/>

### 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-400/6, Кафедральная вычислительная лаборатория	стол компьютерный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
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 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-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-400/4, Кабинет сотрудников каф. "РТС"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-400/9, Прочее каф. "РТС"	стеллаж для хранения книг, стул, книги, учебники, пособия

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Системы спутниковой связи, в том числе системы класса VSAT

(название дисциплины)

#### 9 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Особенности построения спутниковых систем связи (Коллоквиум)
- КМ-2 Требования к показателям качества и их расчет для подсистем спутниковых систем связи, в том числе для систем класса VSAT (Коллоквиум)
- КМ-3 Расчетное задание, часть 1 (Решение задач)
- КМ-4 Расчетное задание, часть 2 (Решение задач)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	10	13	16
1	Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ					
1.1	Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ		+	+		
2	Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС					
2.1	Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС				+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25