

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

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

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-SizyakovaAY-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

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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)

## БРС дисциплины

9 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4
	Срок КМ:	5	10	13	16
Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ					
Особенности построения орбитальных группировок ССС. Множественный доступ		+	+		
Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС					
Земной и космический сегменты ССС. Сигналы и помехи в ССС				+	+
	Вес КМ:	25	25	25	25

§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 спутниковых систем связи, в том числе класса VSAT основные требования к подсистемам спутниковых систем связи	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 (Коллоквиум)
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: объяснить построение обобщенных структурных схем подсистем спутниковых систем связи	Расчетное задание, часть 1 (Решение задач) Расчетное задание, часть 2 (Решение задач)

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

### КМ-1. Особенности построения спутниковых систем связи

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вопрос из известного ему списка, студент с места отвечает на вопрос и при необходимости иллюстрирует ответ на доске

#### Краткое содержание задания:

Примеры вопросов:

1. Формулировка 1, 2, 3 законов Кеплера. Причины отличия орбитального движения ИСЗ (КА на околоземной орбите) от кеплеровского описания
2. Изобразить зависимость периода обращения ИСЗ вокруг Земли при изменении высоты полета над поверхностью Земли (остальные параметры кеплеровской модели движения считать неизменными)
3. Что означает термин «ствол бортового ретранслятора» спутника связи.
4. Дать определение классам ретрансляции в ССС: прямая ретрансляция; ретрансляция с обработкой сигнала на борту
5. Преимущества и недостатки классов ретрансляции в ССС

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности построения спутниковых систем связи, в том числе класса VSAT	1. Определение термина «система спутниковой связи» (ССС) 2. Отличительные особенности служб ССС по классификации МСЭ (ITU): вещательная, фиксированная, подвижная
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если ответ на вопрос получен в полном объеме и преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если ответ на большую часть вопроса получен в полном объеме и преимущественно верно раскрыта суть вопроса

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если в ответе имеются некоторые пробелы

### КМ-2. Требования к показателям качества и их расчет для подсистем спутниковых систем связи, в том числе для систем класса VSAT

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вопрос из известного ему списка, студент с места отвечает на вопрос и при необходимости иллюстрирует ответ на доске

**Краткое содержание задания:**

Примерное задание

1. Что означает термин «зона видимости ИСЗ»? Формула расчета углового размера зоны видимости ИСЗ для сферической модели Земли
2. Изобразить зависимость углового размера зоны видимости ИСЗ от высоты полета ИСЗ над поверхностью Земли
3. Описать назначение устройства «бортовой ретранслятор» (БРТР) спутника связи
4. Что означает термин «ствол бортового ретранслятора» спутника связи. Дать определение классам ретрансляции в ССС: прямая ретрансляция; ретрансляция с обработкой сигнала на борту. Преимущества и недостатки классов ретрансляции в ССС
5. Изобразить зависимость ширины диаграммы направленности главного лепестка ДНА бортовой антенны ствола БРТР для глобального обслуживания от высоты полета ИСЗ
6. Дать определение геостационарной орбиты ИСЗ. Описать преимущества и ограничения данного типа орбит.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные требования к подсистемам спутниковых систем связи	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Описать назначение устройства «бортовой ретранслятор» (БРТР) спутника связи</li><li>2. Что означает термин «ствол бортового ретранслятора» спутника связи</li><li>3. Дать определение классам ретрансляции в ССС: прямая ретрансляция; ретрансляция с обработкой сигнала на борту</li></ol>
Знать: особенности построения спутниковых систем связи, в том числе класса VSAT	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Определение геостационарной орбиты ИСЗ</li><li>2. Описать преимущества и ограничения геостационарной орбиты ИСЗ</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если ответ на вопрос получен в полном объеме и преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если ответ на большую часть вопроса получен в полном объеме и преимущественно верно раскрыта суть вопроса

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если в ответе имеются некоторые пробелы

### КМ-3. Расчетное задание, часть 1

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает задание для выполнение на дому. Решенные задачи студент сдает в письменном виде

#### Краткое содержание задания:

Пример задания

1. Большая полуось орбиты для геостационарного ИСЗ составляет 41785 км. Определить период обращения ИСЗ с круговой орбитой, высота полета которой составляет 4076 км
2. Определить угловой размер зоны видимости ИСЗ на геостационарной орбите (ГСО) при минимальном угле возвышения антенны, равном 0 град
3. Определить ширину диаграммы направленности основного лепестка антенны бортового ретранслятора на ИСЗ с высотой полета 10000 км, обеспечивающего покрытие полной зоны видимости ИСЗ
4. Сравнить величину коэффициента рассеивания («потерь») энергии при распространении радиосигнала в свободном пространстве на одинаковой дальности для двух частот: а) 10 ГГц; б) 5 ГГц

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: объяснить построение обобщенных структурных схем подсистем спутниковых систем связи</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как рассчитать параметры геостационарной орбиты</li><li>2. Рассчитайте мощность сигнала на входе антенны ретранслятора, если исходные данные известны</li><li>3. Запишите формулу для расчета коэффициента рассеивания энергии при распространении радиосигнала в свободном пространстве</li><li>4. Большая полуось орбиты для геостационарного ИСЗ составляет 41785 км. Определить период обращения ИСЗ с круговой орбитой, высота полета которой составляет 4076 км</li><li>5. Определить угловой размер зоны видимости ИСЗ на геостационарной орбите (ГСО) при минимальном угле возвышения антенны, равном 0 град</li><li>6. Определить ширину диаграммы направленности основного лепестка антенны бортового ретранслятора на ИСЗ с высотой полета 10000 км, обеспечивающего покрытие полной зоны видимости ИСЗ</li><li>7. Сравнить величину коэффициента рассеивания («потерь») энергии при распространении радиосигнала в свободном пространстве на одинаковой дальности для двух частот: а) 10 ГГц; б) 5 ГГц</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

#### **КМ-4. Расчетное задание, часть 2**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает задание для выполнение на дому. Решенные задачи студент сдает в письменном виде

#### **Краткое содержание задания:**

Пример задания

1. Рассчитать ослабление сигнала с частотой 4 ГГц при распространении в радиолинии «земля-КА» для геостационарного ИСЗ и земной станции в подспутниковой точке.

Потери энергии при распространении в атмосфере 2 дБ

2. Построить график общей зависимости отношения «сигнал/шум» от мощности передатчика передающей земной станции:

- на входе приемника БРТР;

- на входе приемника ЗС, режим «прямой» ретрансляции

3. Построить график общей зависимости отношения «сигнал/шум» от мощности передатчика ствола бортового ретранслятора:

- на входе приемника БРТР;

- на входе приемника принимающей ЗС, режим «прямой» ретрансляции

4. Определить скорость передачи символов радиосигнала, если скорость передачи сообщений на входе модулятора 2 Мбит/с:

- для модуляции ФМ2;

- для модуляции ФМ16

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: объяснить построение обобщенных структурных схем подсистем спутниковых систем связи	1. Рассчитать ослабление сигнала с частотой 4 ГГц при распространении в радиолинии «земля-КА» для геостационарного ИСЗ и земной станции в подспутниковой точке
--	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 9 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

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

### Процедура проведения

По результатам запланированных контрольных мероприятий выставляется набор оценок, из которых в соответствии с «Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» рассчитывается зачетная оценка

### *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. Определение термина «система спутниковой связи» (ССС)
2. Состав и основные элементы ССС
3. Определение геостационарной орбиты ИСЗ
4. Описать назначение устройства «бортовой ретранслятор» (БРТР) спутника связи
5. Дать определение классам ретрансляции в ССС: прямая ретрансляция; ретрансляция с обработкой сигнала на борту
6. Какие методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов Вы знаете?
7. Какие новые методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов Вы узнали при изучении курса?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что означает термин «ствол бортового ретранслятора» спутника связи

Ответы:

- а) приемопередающий тракт, в котором радиосигналы проходят через общие усилительные элементы (общий передатчик) в некоторой выделенной стволу общей полосе частот
- б) входные цепи и МШУ бортового приемника ретранслятора
- в) выходные каскады бортового передатчика ретранслятора, включая передающую антенну

Верный ответ: а)

2. Прямая ретрансляция в ССС - это \_\_\_\_\_

Ответы:

- а) система передачи сигнала, при которой сигнал с земли передается на спутник, который далее передает этот сигнал назад на землю при минимальной обработке на спутнике
- б) система передачи сигнала, при которой прием сигналов осуществляется на одной частоте, их демодуляции и повторной модуляции на новой несущей

Верный ответ: а)

3.Регенеративная ретрансляция в ССС - это \_\_\_\_\_

Ответы:

- а) система передачи сигнала, при которой сигнал с земли передается на спутник, который далее передает этот сигнал назад на землю при минимальной обработке на спутнике
- б) система передачи сигнала, при которой прием сигналов осуществляется на одной частоте, их демодуляции и повторной модуляции на новой несущей

Верный ответ: б)

4.Что означает термин «зона видимости ИСЗ»?

Ответы:

- а) часть поверхности земного шара (или часть зоны видимости), в пределах которой обеспечивается уровень сигналов от спутников связи, необходимый для их приема с заданным качеством, а также гарантируется способность приема на входе ИСЗ сигналов от земной станции, обладающей определенными параметрами
- б) точка земной поверхности, из которой КА виден в зените в заданный момент

Верный ответ: а)

5.Что означает термин “ПОДСПУТНИКОВАЯ ТОЧКА ” ИСЗ?

Ответы:

- а) часть поверхности земного шара (или часть зоны видимости), в пределах которой обеспечивается уровень сигналов от спутников связи, необходимый для их приема с заданным качеством, а также гарантируется способность приема на входе ИСЗ сигналов от земной станции, обладающей определенными параметрами
- б) точка земной поверхности, из которой КА виден в зените в заданный момент

Верный ответ: б)

6.Перечислите орбиты, на которых летают ИСЗ

Ответы:

- а) GEO
- б) LEO
- в) VTO
- г) MEO

Верный ответ: а) б) г)

7.Какова классификация орбит ИСЗ по наклону?

Ответы:

- а) экваториальные
- б) обратные
- в) наклонные
- г) полярные
- д) биполярные

Верный ответ: а) в) г)

8.Перечислите топологии сетей VSAT

Ответы:

- а) «Звезда»
- б) сети с мигрирующей топологией (малые локальные сети, бесхабовые сети, гибридные сети)
- в) полностью связанные сети (Mesh, ACM, MCPC)
- г) выделенные каналы связи по технологии SCPC/CnC («точка-точка»)

Верный ответ: все ответы правильные

**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. Отличительные особенности служб ССС по классификации МСЭ (ITU): вещательная, фиксированная, подвижная
2. Изобразить зависимость углового размера зоны видимости ИСЗ от высоты полета ИСЗ над поверхностью Земли
3. Изобразить зависимость ширины диаграммы направленности главного лепестка ДНА бортовой антенны ствола БРТР для глобального обслуживания от высоты полета ИСЗ
4. Постройте зависимость углового размера зоны видимости ИСЗ от высоты полета ИСЗ над поверхностью Земли
5. Рассчитать ослабление сигнала с частотой 4 ГГц при распространении в радиолинии «земля-КА» для геостационарного ИСЗ и земной станции в подспутниковой точке
6. Построить график общей зависимости отношения «сигнал/шум» от мощности передатчика передающей земной станции на входе приемника БРТР
7. Построить график общей зависимости отношения «сигнал/шум» от мощности передатчика ствола бортового ретранслятора на входе приемника БРТР
8. Объясните особенности построения обобщенных структурных схем подсистем спутниковых систем связи, в чем отличие от систем наземной связи

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Каковы достоинства спутниковой системы связи на ГЕО

Ответы:

- а) возможность осуществлять связь в любой точке мира
- б) Слабая помехозащищенность
- в) необходимость мощного передатчика на борту ИСЗ
- г) “зависание” ИСЗ над подспутниковой точкой
- д) задержка распространения сигнала

Верный ответ: а) г)

2. Каковы недостатки спутниковой системы связи на ГЕО

Ответы:

- а) возможность осуществлять связь в любой точке мира
- б) слабая помехозащищенность
- в) необходимость мощного передатчика на борту ИСЗ
- г) “зависание” ИСЗ над подспутниковой точкой
- д) задержка распространения сигнала

Верный ответ: б) в) д)

3. Что понимают под величиной коэффициента рассеивания энергии при распространении радиосигнала в свободном пространстве

Ответы:

- а) отношение мощности сигнала на выходе передающей антенны ЗС к мощности сигнала на входе приемной антенны ИСЗ
- б) отношение мощности сигнала на входе приемной антенны в ИСЗ к мощности сигнала на выходе передающей антенны ЗС

Верный ответ: б)

4. Виды множественного доступа к бортовому ретранслятору

Ответы:

- а) частотный
- б) временной
- в) кодовый

г) комбинированный

д) пространственный

Верный ответ: а) б) в)

5. Виды ретрансляции сигналов на бортовом РТР

Ответы:

а) регенеративная

б) нерегенеративная

в) с обработкой на борту

г) прямая ретрансляция

Верный ответ: все ответы правильные

## ***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

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

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