



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

Согласовано

«УТВЕРЖДАЮ»

Инженерная школа

Заведующая кафедрой  
Электроника и средств связи

Руководитель ОП

  
(подпись) Л. Г. Стаценко  
(Ф.И.О. рук. ОП)

  
(подпись) Л. Г. Стаценко  
(Ф.И.О. зав. каф.)

«28» 06 2017 г

«28» 06 2017 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)**

Современные системы спутниковой связи

**Направление подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

**Форма подготовки очная**

курс 2 семестр 3

лекции 12 часов

практические занятия 36 часа

лабораторные работы – не предусмотрено планом

в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_ /пр. 20 /лаб. \_\_\_\_ час.

всего часов аудиторной нагрузки 48 часов

в том числе с использованием МАО 20 час.

самостоятельная работа – 69 часов

в том числе подготовка к экзамену – 27 час.

контрольные работы не предусмотрены учебным планом

расчетно-графическая работа 3 семестр

зачет – не предусмотрено учебным планом

экзамен 3 семестр.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Дальневосточного федерального университета, принятого решением Ученого совета ДВФУ, протокол от 04.06.2015 № 06-15, введен в действие приказом ректора ДВФУ от 07.07.2015 № 12-13-1282

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроники и средств связи, протокол №19 от «28» июня 2017г.

Заведующая кафедрой д.ф.-м.н., профессор Л.Г. Стаценко  
Составитель д.т.н., профессор И.М. Орошук



**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « 10 » 07 2018 г. № 15

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) Брашман Л. С.  
(И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) \_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's in 11.04.02 «Infocommunication technologies and communication systems»**

**Study profile** “Radio communication and radio access systems”.

**Course title:** «Modern satellite communications systems»

**Basic part of Block 1, 4 credits.**

**Instructor:** Oroshchuk Igor Mikhailovich.

**At the beginning of the course a student should be able to:**

The initial requirements are knowledge, skills and activities, formed in the process of studying the disciplines: General Communication Theory, Radio Wave Propagation, Antenna-feeder devices of radio communication systems, Radio receivers of radio communication systems, Radio transmitting devices of radio communication systems , "Space and Terrestrial Communications", "The Theory of Electromagnetic Compatibility of Radioelectronic Means and Systems", "Promising Communication Means", "Theory of Building Information and Communication Networks and Systems"

**Learning outcomes:**

General Professional Competence:

- **GPC-11** – readiness to present the results of the research in the form of reports, abstracts, publications and public discussions; interpret and present the results of scientific research, including in a foreign language; willingness to make practical recommendations on the use of research results.

**Course description:** The discipline «Modern satellite communications systems» is included in the basic part of professional disciplines of the direction 11.04.02 «Infocommunication technologies and communication systems».

The total complexity of the development of the discipline-4 credits (144 hours). The curriculum includes lectures 12 hours), practical classes (36 hours), independent work of the student (69 hours), preparation for the exam (27 hours).

This discipline is included in the variable part of the block of mandatory disciplines. Discipline is implemented in the 2<sup>nd</sup> year 2 semester.

The purpose of the discipline is the study of technologies, principles of construction and operation, the main characteristics of modern satellite systems, promising methods for designing and modeling satellite systems.

**Main course literature:**

1. Maglitsky B.N. Space and terrestrial radiocommunication systems [Electronic resource]: a tutorial / B.N. Maglitsky. – Electron. text data. – Novosibirsk: Siberian State University of Telecommunications and Informatics, 2014. – 297 p. – 2227-8397. – Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/74670.html>
2. Nosov V.I. Spread of radio waves and design of radio relay lines of direct visibility [Electronic resource]: a tutorial / V.I. Nosov. - Electron. text data. – Novosibirsk: Siberian State University of Telecommunications and Informatics, 2010. – 202 p. – 2227-8397. – Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/40546.html>
3. Somov A.M., Kornev S.F. Satellite communication systems [Electronic resource]: a tutorial / A.M. Somov. - Electron. text data. - M: "Hotline-Telecom", 2018. – 224 p. – Access mode: [http://e.lanbook.com/book/111105#book\\_name](http://e.lanbook.com/book/111105#book_name)

**Form of final control:** exam.

## АННОТАЦИЯ

Наименование дисциплины: **Современные системы спутниковой связи**

Специальность (направление): 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Специализация (профиль): Системы радиосвязи и радиодоступа

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Общая трудоемкость дисциплины – 4 зачетные единицы (144 часа). Учебная программа включает лекции (12 часов), практические занятия (36 часов), подготовка к экзамену (27 часов). Это дисциплина дисциплины. Дисциплина реализуется во 2-м году 2 семестра.

Для изучения дисциплины требуется знание основ построения телекоммуникационных систем и общей теории связи, изучаемых в дисциплинах «Общая теория связи», «Распространение радиоволн», «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи», «Радиоприемные устройства систем радиосвязи», «Радиопередающие устройства систем радиосвязи», «Космические и наземные средства связи», «Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем», «Перспективные средства связи», «Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем».

Данная дисциплина, является одной из завершающих дисциплин для профессионального цикла.

**Цель дисциплины** – изучение технологий, принципов построения и функционирования, основных характеристик современных спутниковых систем, перспективных методов проектирования и моделирования спутниковых систем.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:** структуру, состав и назначение основных подсистем ЕСС РФ, принципы построения первичной и вторичных коммутируемых сетей связи

- методы анализа и синтеза сетей связи;
  - принципы построения коммутационных полей аналоговых и цифровых систем коммутации;
  - принципы построения цифровых систем коммутации при интеграции различных видов сообщений;
  - принципы построения коммутационных полей аналоговых и цифровых систем коммутации;
  - принципы построения управляющих устройств аналоговых и цифровых систем коммутации;
- уметь:** разрабатывать схемы организации связи и обосновывать выбор параметров сетей связи;
- проводить расчет пропускной способности сети связи;
  - проводить расчет объема оборудования сетей связи;
  - осуществлять техническое проектирование систем коммутации;
  - работать с технической документацией на действующих станциях и узлах коммутации;

**владеть:** методами проектирования систем коммутации.

**Формируемые компетенции:**

Профессиональная компетенция:

**ПК-11** - готовность представлять результаты исследования в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений; интерпретировать и представлять результаты научных исследований, в том числе на иностранном языке; готовность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-11 - готовность представлять результаты исследования в форме	Знает	принципы моделирования физических факторов влияния дестабилизирующих факторов на распространение радиоволн и методы оценки эффективности спутниковых радиолиний, с использованием инфокоммуникационных технологий

отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений; интерпретировать и представлять результаты научных исследований, в том числе на иностранном языке; готовность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.	Умеет	проектировать и выбирать необходимое оборудование для спутниковых линий связи.
	Владеет	навыками построения адекватной модели, и ее использования при решении задач проектирования спутниковых радиолиний связи.
	Владеет	навыками исследования и оценки основных параметров спутниковых каналов связи; навыками моделирования спутниковых каналов связи; навыками поиска, анализа и систематизации научно-технической информации по конкретной тематике исследования.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Современные системы спутниковой связи» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: проблемная лекция, дискуссия.

# **I. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (12 ЧАС)**

**Тема 1. Введение. Особенности построения спутниковых систем связи и вещания. (2 часа)**

**Введение. Особенности построения спутниковых систем связи и вещания.**

Назначение и особенности спутниковых систем связи. Пассивная и активная ретрансляция. Глобальная, региональная и зонавая зоны обслуживания. Принципы построения спутниковых сетей связи и вещания.

**Основные характеристики траектории движения искусственных спутников земли.**

Траектория движения спутника в центрально-симметричном поле тяготения Земли. Элементы ориентации орбиты искусственного спутника земли (ИСЗ). Параметры и виды орбит.

**Классификация спутниковых систем связи.**

Классификация спутниковых систем. Геостационарные орбиты. Требования к размещению спутников с учетом электромагнитной совместимости для геостационарных спутниковых систем.

**Основные эксплуатационные параметры спутниковых систем связи.**

Угловые размеры зоны видимости ИСЗ. Длительность сеанса связи. Дистанция до ИСЗ. Параметры позиционирования наземной антенны.

**Тема 2. Влияние рефракционных изменений атмосферы и ионосферы на траекторию волны. (2 час)**

**Влияние рефракционных изменений атмосферы и ионосферы на траекторию волны.** Замирания за счет изменения диэлектрической проницаемости атмосферы. Способы снижения влияния замираний.

Замирания за счет изменения диэлектрической проницаемости ионосферы. Частотная зависимость рефракции в ионосфере. Способы снижения влияния замираний.

**Замирания сигнала за счет неоднородностей тропосферы и ионосферы.**

Формирование многолучевой структуры поля за счет неоднородностей тропосферы и ионосферы. Частотная зависимость прохождения радиоволн в ионосфере. Способы снижения влияния неоднородностей тропосферы и ионосферы.

**Влияние магнитного поля Земли на плоскость поляризации волны в ионосфере.**

Эффект Фарадея. Замирания за счет изменения угла поляризации волны в ионосфере. Способы снижения влияния поляризационных замираний.

**Тема 3. Запаздывание сигналов в спутниковых системах связи. (2 часа)**

**Запаздывание сигналов в спутниковых системах связи.**

Влияние запаздывания сигнала на качественные характеристики систем связи: «эхо сигнал», «эффект присутствия абонента». Рекомендации по использованию систем связи в зависимости от высот орбит. Способы снижения влияния «эхо-сигналов».

**Эффект Доплера в спутниковых системах связи.**

Ограничение спектра передаваемого сигнала за счет эффекта Доплера. Деформация спектра широкополосных сигналов. Ограничения пропускной способности спутниковых систем связи. Рекомендации по применению спутниковых систем.

**Влияние отражений от земной поверхности.**

Множитель ослабления за счет отражений от поверхности Земли. Способы снижения влияния волн отраженных от поверхности Земли.

**Дисперсионные искажения сигналов в атмосфере.**

Частотная зависимость фазовой и групповой скорости распространения волн в ионосфере. Ограничения ширины спектра сигнала на различных несущих частотах. Рекомендации по снижению влияния дисперсионных искажений.

#### **Тема 4. Ослабление волны в газах и гидрометеорах. (2 часа)**

##### **Ослабление волны в газах и гидрометеорах.**

Физические причины ослабления волны в газах. Частотная зависимость ослабления волны в газах. Оценка ослабления в газах для наклонных трасс.

Физические причины ослабления волны в гидрометеорах. Частотная зависимость ослабления волны в гидрометеорах. Влияние интенсивности дождя на затухание волны. Особенности оценки влияния затуханий от угла места спутника. Рекомендации по снижению влияния затуханий в газах и гидрометеорах.

##### **Недостатки спутниковых систем связи, использующих геостационарные орбиты.**

Изменение периода обращения спутника. Изменение наклона орбиты спутника. Эффект затенения Солнца Землей в период весеннего и осеннего равноденствия. Эффект засветки антенны земной станции Солнцем. Организационно-технические способы снижения влияния недостатков в геостационарных спутниковых системах связи.

#### **Тема 5. Схемы активной ретрансляции в спутниковых системах связи. (2 часа)**

##### **Схемы активной ретрансляции в спутниковых системах связи.**

Основные источники энергии на ИСЗ и их влияние на энергетические характеристики и длительность эксплуатации спутниковых систем связи. Схемы ретрансляции в спутниковых системах и их назначение для различных способов организации связи.

**Энергетические характеристики бортового и земного оборудования спутниковых систем связи.**

Полная шумовая температура в направлениях: «ИСЗ – ЗС», «ЗС – ИСЗ».

Ослабление волны в свободном пространстве. Дополнительные затухания в спутниковых каналах связи. Энергетические уравнения в направлениях: «ИСЗ – ЗС», «ЗС– ИСЗ».

## **Тема 6. Основные факторы замираний и обобщенная оценка устойчивости связи в спутниковых системах связи. (2 часа)**

### **Основные факторы замираний и обобщенная оценка устойчивости связи в спутниковых системах связи.**

Физические причины замираний в спутниковых системах связи. Способы снижения замираний. Обобщенная оценка устойчивости связи в спутниковых системах связи.

### **Оценка замираний за счет рассеивания волны на неоднородностях тропосферы.**

Математическая модель флуктуации уровня многолучевого сигнала. Оценка среднего времени замираний за счет рассеивания волны на неоднородностях тропосферы.

### **Оценка замираний за счет гидрометеоров.**

Статистика распределения интенсивности дождя в различных дождевых зонах Земли. Оценка среднего времени замираний за счет рассеивания волны в гидрометеорах.

## **II. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (36 час., из них МАО 20 час.)**

#### **Занятие 1. Расчет угловых параметров зоны обслуживания спутника. (2 часа, из них МАО «Дискуссия» 2 час.)**

1. Расчёт потерь наведения.
2. Определение диаметра передающей антенны ИСЗ.

**Занятие 2. Расчет параметров позиционирования антенны земной станции по заданным координатам спутника и земной станции. (2 часа, из них МАО «Дискуссия» 2 час.)**

1. Расчёт полной величины потерь энергии сигнала на линии связи.
2. Диаметр приёмной антенны ЗС.

**Занятие 3. Расчет ослабления волны в свободном пространстве при заданных координатах спутника и земной станции. (2 часа, из них МАО «Дискуссия» 2 час.)**

Расчет параметров позиционирования антенны земной станции по заданным координатам спутника и земной станции.

1. Коэффициент усиления передающей антенны ПССС

**Занятие 4. Расчет изменения угла поляризации волны в ионосфере на заданной частоте сигнала. (2 часа, из них МАО «Дискуссия» 2 час.)**

1. Определение коэффициента усиления приёмной антенны борта.
2. Расчет эквивалентной длины пути сигнала в дожде.

**Занятие 5. Расчет допустимой ширины спектра сигнала в спутниковых каналах связи для наклонных и геостационарных орбит на заданной частоте. (2 часа, из них МАО «Дискуссия» 2 час.)**

1. Определение коэффициентов поглощения в кислороде и водяных парах.
2. Основные потери энергии сигнала

**Занятие 6. Расчет ослабления уровня сигнала в газах на заданной частоте при известных координатах спутника и земной станции. (2 часа, из них МАО «Дискуссия» 2 час.)**

1. Определение диаметра передающей антенны ПССС.
2. Коэффициент усиления передающей антенны ИСЗ.

**Занятие 7. Расчет ослабления уровня сигнала в гидрометеорах на заданной частоте при известных координатах спутника и земной станции. (4 час., из них МАО «Дискуссия» 4 час.)**

Определение коэффициента усиления приёмной антенны ЗС.

1. Коэффициент усиления передающей антенны ПССС.

2. Определение наклонной дальности  $d$  ведётся согласно выражению.

**Занятие 8. Расчет полной шумовой температуры в направлениях: «ИСЗ – ЗС», «ЗС – ИСЗ» на заданной частоте и параметрах антенно-фидерного оборудования при приемной станции. (4 часа, из них МАО «Дискуссия» 4 час.)**

1. Эквивалентные длины пути сигнала в кислороде и водяных парах.
2. Коэффициент усиления передающей антенны ЗС.
3. Коэффициент усиления передающей антенны ИСЗ.

**Занятие 9. Расчет требуемой эквивалентной изотропной мощности излучения спутника и мощности передатчика земной станции. Рекомендации по выбору приемо-передающего и антенно-фидерного оборудования. (4 часа)**

1. Расчёт полной величины потерь энергии сигнала на линии связи.
2. Расчёт потерь наведения.
3. Расчет дополнительных потерь на участках «Земля-ИСЗ» и «ИСЗ-Земля».

**Занятие 10. Расчет и построение диаграммы уровней спутниковой радиолинии при заданных параметрах каналообразующего оборудования, частоте сигнала и координатах спутника и земных станций. (4 часа)**

1. Диаметр приёмной антенны ЗС.
2. Коэффициент усиления передающей антенны ЗС.
3. Расчет параметров позиционирования антенны земной станции по заданным координатам спутника и земной станции.

**Занятие 11. Оценка среднего времени замираний за счет рассеивания на неоднородностях тропосферы на заданной частоте сигнала и координатах спутника и земной станции. (4 часа)**

1. Расчет параметров позиционирования антенны земной станции по заданным координатам спутника и земной станции.

2. Определение коэффициента усиления приёмной антенны борта.

3. Определение коэффициента усиления приёмной антенны ЗС.

**Занятие 12. Оценка среднего времени замираний за счет ослабления сигнала в гидрометеорах на заданной частоте сигнала и координатах спутника и земной станции. (4 часа)**

1. Расчёт полной величины потерь энергии сигнала на линии связи

2. Определение диаметра передающей антенны ИСЗ

3. Расчет эквивалентной длины пути сигнала в дожде

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Название дисциплины» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация

1	Тема 1. Особенности построения спутниковых систем связи и вещания.	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
2	Тема 2. Влияние рефракционных изменений атмосферы и ионосферы на траекторию волны	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
3	Тема 3. Запоздывание сигналов в спутниковых системах связи	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
4	Тема 4. Ослабление волны в газах и гидрометеорах	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
5	Тема 5. Схемы активной ретрансляции в спутниковых системах связи	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
6	Тема 6. Основные факторы замираний и обобщенная оценка устойчивости связи в спутниковых системах связи	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Маглицкий Б.Н. Космические и наземные системы радиосвязи [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Н. Маглицкий. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. – 297 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74670.html>
2. Носов В.И. Распространение радиоволн и проектирование радиорелейных линий прямой видимости [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Носов. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2010. – 202 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40546.html>
3. Сомов А.М., Корнев С.Ф. Спутниковые системы связи [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М.. Сомов. – Электрон. текстовые данные. – М: "Горячая линия-Телеком", 2018. – 224 с. – Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/111105#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/111105#book_name)

### **Дополнительная литература**

1. Акулиничев Ю.П. Системы радиосвязи [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. – Электрон.

текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 193 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72180.html>

2. Андрусевич Л.К. Антенны и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.К. Андрусевич, А.А. Ищук, К.А. Лайко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2010. – 422 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54782.html>
3. Буянов Ю.И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.И. Буянов, Г.Г. Гошин. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. – 300 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72175.html>

## **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети**

### **«Интернет»**

1. Научная библиотека ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/>
2. «eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека  
<http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. «ИНТУИТ» Национальный открытый университет  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/3688/930/lecture/16466>

## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Для проведения математического моделирования и вычислительных операций необходимо персональные компьютеры под управлением ОС Windows 7 со специализированным программным обеспечением MathLab и MathCad. Для оформления отчетов по лабораторным работам может

использоваться стандартное программное обеспечение компьютеров Microsoft Office.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для изучения дисциплины «Современные системы спутниковой связи» обучающемуся предлагаются лекционные, практические занятия. Обязательным элементом является также самостоятельная работа. Из общих учебных часов 96 часов отводится на самостоятельную работу студента, куда входят 27 часов на подготовку к экзамену. В рамках часов, выделенных на самостоятельную работу, студент должен производить подготовку к рейтинговым и зачетным проверкам, а также изучать темы, отведенные преподавателем на самостоятельное изучение. Помимо различных методических указаний и списка рекомендуемой литературы обучающийся должен обсуждать возникающие у него вопросы на консультациях, назначаемых преподавателем.

Дисциплину рекомендуется изучать по плану занятий. Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях, и защищать их во время занятий или на консультации.

При подготовке к лекциям обучающийся изучает план лекционного материала, рекомендованную и дополнительную литературу.

В рамках работы предусмотрена расчётно-графическая работа на предложенную преподавателем тему.

К экзамену обучающийся должен отчитаться по всем практическим занятиям и защитить расчётно-графическую работу. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, но не отраженные в практических и расчётно-графических работах закрепляются обучающимся во время самостоятельной работы.

При подготовке к экзамену необходимо повторить учебный материал,

используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посещать консультации.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест</b>	<b>Перечень программного обеспечения</b>
<p>Для проведения лекций необходим компьютерный класс Е-729 кафедры с проекционной системой: Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.);</li> <li>– Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF;</li> <li>– WinRar – свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных.</li> </ul>
<p style="text-align: center;">Для проведения практических занятий необходим компьютерный класс кафедры Е 725 или Е 727</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.);</li> <li>– WinRar – свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных;</li> <li>– MattLab;</li> <li>– MathCad.</li> </ul>



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Современные системы спутниковой связи»**

**Направление подготовки**

**11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2017**

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Подготовка отчета по практической работе №1	2 час.	Защита отчета представление Портфолио
2	2 неделя	Подготовка отчета по практической работе №2	2 час.	Защита отчета представление Портфолио
3	2 неделя	Подготовка отчета по практической работе №3	2 час.	Защита отчета представление Портфолио
4	3 неделя	Подготовка отчета по практической работе №4	2 час.	Защита отчета представление Портфолио
5	4 неделя	Подготовка отчета по практической работе №5	4 час.	Защита отчета представление Портфолио
6	5 неделя	Подготовка отчета по практической работе №6	4 час.	Защита отчета представление Портфолио
7	6 неделя	Подготовка отчета по практической работе №7	4 час.	Защита отчета представление Портфолио
8	7 неделя	Подготовка отчета по практической работе №8	4 час.	Защита отчета представле

				ние Портфолио
9	8 неделя	Подготовка отчета по практической работе №9	2 час.	Защита отчета представле ние Портфолио
10	9 неделя	Подготовка отчета по практической работе №10	2 час.	Защита отчета представле ние Портфолио
11	10 неделя	Подготовка отчета по практической работе №12	2 час.	Защита отчета представле ние Портфолио
12	10 недели	Подготовка отчета по практической работе №12	2 час.	Защита отчета представле ние Портфолио
13	11 неделя	Подготовка отчета по расчетно-графической работе	37 час.	Защита отчета представле ние Портфолио
14	12 неделя	Подготовка к экзамену	27 час.	Экзамен, представле ние Портфолио
Итого			96 час.	

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку отчетов к практическим работам и расчетно-графической работе. Их полное содержание приведено в программе и методических указаниях. Методические указания к практическим работам в электронном виде и печатном виде берутся у ведущего преподавателя.

## **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по практическим работам и курсовому проекту).

К представлению и оформлению отчетов по лабораторным работам предъявляются следующие требования.

### **Структура отчета по практической работе и курсовому проекту**

Отчеты по практическим работам и курсовому проекту представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчеты по практическим работам и курсовому проекту, как текстовый документ, комплектуются по следующей схеме:

- Титульный лист – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);
- Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);
- Основная часть – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать, исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

- Выводы – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

- Список литературы – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

- Приложения – необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

### **Оформление отчета по практическим работам и расчетно-графической работе**

**Практическая и расчетно-графическая работы относятся к категории «письменная работа», оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.**

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

## Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – TimesNewRoman;
- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы -левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставиться, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

## **Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экранов в виде «скриншотов»**

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п. В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

### **Расчетно-графическая работа**

**(проводится во время самостоятельной работы студентов)**

Расчетно-графическая работа посвящен вопросам технического проектирования. Хотя в целом полный проект должен содержать и эксплуатационно-экономические аспекты, влияние которых на некоторые технические составляющие проекта порой могут оказывать большую роль (например, выбор типа оборудования и т.д.)

Основной целью данного расчетно-графической работы является:

- получение навыков выбора оборудования наземных станций и супников связи для обеспечения связи в заданной зоне покрытия;
- отработка навыков расчета основных технических характеристик спутниковых линий связи;

– закрепление теоретических знаний вопросов распространения УКВ радиоволн, влияния всех дестабилизирующих факторов на качественные параметры систем спутниковой связи.

Все исходные данные проекта представлены в задании (см. Приложение 2).

При выполнении расчетно-графической работы должны быть выполнены следующие этапы:

1. По требуемым видам связи и координатам зоны обслуживания выбрать спутник связи (вещания).
2. Оценить зону обслуживания спутника.
3. Выбрать критические точки зоны обслуживания.
4. Выбрать оборудование ЗС.
5. Определить энергетический запас на замирание для критических трасс зоны обслуживания.
6. Оценить суммарный процент замираний на всех участках спутниковой радиолинии.
7. Построить диаграмму уровней.
8. Составить функциональную схему радиолинии.
9. В заключении сделать выводы по результатам проведенных расчетов.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Оценивание курсового проекта проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами расчета с помощью специализированных программных средств;
- качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;

- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников сети Интернет, информации нормативно-правового характера и передовой практики;

отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Современные системы спутниковой связи»**

**Направление подготовки**

**11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2017**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-11 - готовность представлять результаты исследования в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений; интерпретировать и представлять результаты научных исследований, в том числе на иностранном языке; готовность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.	Знает	принципы моделирования физических факторов влияния дестабилизирующих факторов на распространение радиоволн и методы оценки эффективности спутниковых радиолиний, с использованием инфокоммуникационных технологий
	Умеет	проектировать и выбирать необходимое оборудование для спутниковых линий связи.
	Владеет	навыками построения адекватной модели, и ее использования при решении задач проектирования спутниковых радиолиний связи.
	Владеет	навыками исследования и оценки основных параметров спутниковых каналов связи; навыками моделирования спутниковых каналов связи; навыками поиска, анализа и систематизации научно-технической информации по конкретной тематике исследования.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Тема 1. Особенности построения спутниковых систем связи и вещания.	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
2	Тема 2. Влияние рефракционных	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)

	изменений атмосферы и ионосферы на траекторию волны		умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
3	Тема 3. Запозывание сигналов в спутниковых системах связи	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
4	Тема 4. Ослабление волны в газах и гидрометеорах	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
5	Тема 5. Схемы активной ретрансляции в спутниковых системах связи	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
6	Тема 6. Основные факторы замираний и обобщенная оценка устойчивости связи в спутниковых системах связи	ПК-11	знает	Дискуссия (УО-4)	Портфолио (ПР-8)
			умеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)
			владеет	Практическая работа (ПР-6)	Портфолио (ПР-8)

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели	Баллы
ПК-11 - готовность представлять результаты исследования	Знает  (пороговый)	принципы моделирования физических факторов влияния дестабилизирующ	Компетенция сформирована. Демонстрируется недостаточный уровень	Знает основные принципы моделирования наземных и спутниковых	60-75

<p>в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений; интерпретировать и представлять результаты научных исследований, в том числе на иностранном языке; готовность составлять практические рекомендации и по использованию результатов научных исследований</p>	уровень)	их факторов на распространение радиоволн и методы оценки эффективности наземных и спутниковых радиолиний, с использованием инфокоммуникационных технологий	самостоятельно практического навыка.  Способен пересказать и объяснить учебный лекционный материал с достаточной степенью научной точности и полноты, с приведением примеров.	каналов связи с использованием инфокоммуникационных технологий.  Решает стандартные практические задачи.	
	Умеет (продвинутый)	проектировать и выбирать необходимое оборудование для наземных и спутниковых линий связи.	Компетенция сформирована. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельного практического навыка.	Умеет применять полученные теоретические знания для моделирования каналов связи с использованием инфокоммуникационных технологий для проектирования наземных и спутниковых радиолиний.	76-85
	Владеет (высокий)	навыками построения адекватной модели, и ее использования при решении задач проектирования наземных и спутниковых радиолиний связи.	Компетенция сформирована. Демонстрируется высокий уровень самостоятельного практического навыка, высокая адаптивность практического навыка.	Владеет всеми теоретическими знаниями и свободно использует их для моделирования наземных и спутниковых каналов связи, на основе использования адекватных математических моделей.	86-100
	Умеет (продвин)	проводить проверку основных	Компетенция сформирована. Демонстрируется	Умеет применять полученные	76-85

	утый)	характеристик радиолиний наземных и спутниковых станций связи.	я достаточный уровень самостоятельности практического навыка.	теоретические знания для оценки общего процента замираний в наземных и спутниковых каналах связи.	
	Владеет (высокий)	навыками настройки оборудования наземных и спутниковых радиолиний связи.	Компетенция сформирована. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности практического навыка, высокая адаптивность практического навыка.	Владеет всеми теоретическим и знаниями и свободно использует их для решения практических задач юстировки антенн и выбора параметров приемо-передающего оборудования с целью обеспечений наибольшей устойчивости связи.	86-100
	Умеет (продвинутый)	пользоваться технической документацией, научной справочной литературой производить анализ технических возможностей и выбор современного оборудования станций связи спутникового и наземного базирования.	Компетенция сформирована. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности практического навыка.	Умеет применять полученные теоретические знания для выполнения практических задач. Умеет самостоятельно находить необходимую научно-техническую и справочную литературу, в которой описываются необходимые характеристики, параметры и принципы работы наземных и спутниковых	76-85

				станций. электроники. Умеет производить выбор оборудования для обеспечения требуемых качественных характеристик в проектируемых каналах наземной и спутниковой связи.	
	Владеет (высокий)	<p>навыками исследования и оценки основных параметров наземных и спутниковых каналов связи;</p> <p>навыками моделирования каналов связи;</p> <p>навыками поиска, анализа и систематизации научно-технической информации по конкретной тематике исследования.</p>	Компетенция сформирована. Демонстрирует высокий уровень самостоятельности практического навыка, высокая адаптивность практического навыка.	Владеет всеми теоретическим и знаниями и свободно использует их для математического моделирования наземных и спутниковых радиолиний. Свободно владеет методикой проектирования наземных и спутниковых радиолиний.	86-100

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Перечень вопросов для подготовки к экзамену по дисциплине:**

#### **«Современные системы спутниковой связи»**

Для проведения экзамена по дисциплине «Современные системы спутниковой связи» формируются билеты, содержащие два теоретических вопроса и одну практическую задачу.

#### **Теоретические вопросы к экзамену**

1. Основные характеристики траектории движения ИСЗ. Классификация орбит.
2. Основные технические характеристики спутниковых систем связи и вещания необходимые для юстировки АФУ и определения зоны обслуживания.
3. Ослабление уровня сигнала в спутниковых системах связи и вещания за счет газов и осадков.
4. Влияние рефракционных изменений в атмосфере на качество связи через ИСЗ.
5. Доплеровское смещение частоты. Деформация спектра широкополосных сигналов.
6. Задержка сигнала в спутниковых системах связи. Проблемы телефонной и мобильной связи.
7. Влияние магнитного поля земли в ионосфере на поляризацию волны в системах связи через ИСЗ. Способы снижения замираний за счет изменения угла поляризации волны в ионосфере.
8. Влияние отражений от земной поверхности на качество спутниковой связи. Множитель ослабления.

9. Дисперсионные искажения сигналов в атмосфере на спутниковых трассах. Способы снижения влияния дисперсионных искажений.
10. Дестабилизирующие факторы в спутниковых системах связи на геостационарных орбитах за счет не центрально-симметричного гравитационного поля Земли, Солнца и Луны. Организационно-технические способы снижения влияния дестабилизирующих факторов.
11. Явление затенения спутника землей на геостационарных орбитах.
12. Засветка антенн земных станций Солнцем и Луной.
13. Основные схемы ретрансляции станций спутниковой связи.
14. Основные энергетические параметры бортового и земного оборудования систем спутниковой связи и вещания. Порядок выбора приемо-передающего и антенно-фидерного оборудования.
15. Основные физические причины замираний в спутниковых каналах связи. Обобщенная оценка среднего времени замираний в спутниковых каналах связи.
16. Оценка среднего времени замираний в спутниковых каналах связи за счет рассеивания на неоднородностях тропосферы.
17. Оценка среднего времени замираний в спутниковых каналах связи за счет ослабления сигнала в гидрометеорах.

### **Практические вопросы (задачи) для проведения экзамена**

1. Рассчитать угловые параметров зоны обслуживания спутника при известных координатах и параметрах его геостационарной орбиты (д).
2. Рассчитать параметры позиционирования антенны земной станции (азимут и угол места при известных координатах спутника и земной станции).
3. Рассчитать ослабления волны в свободном пространстве при заданных координатах спутника и земной станции.

4. Рассчитать изменение угла поляризации волны в ионосфере за счет эффекта Фарадея на заданной частоте и оценить затухание сигнала.
5. Рассчитать допустимую ширину спектра сигнала в спутниковых каналах связи при заданной линейной скорости спутника и угле прихода сигнала относительно направления движения спутника.
6. Рассчитать ослабления уровня сигнала в газах для геостационарного спутника при заданных координатах земной станции и спутника.
7. Рассчитать ослабления уровня сигнала в гидрометеорах при заданных: угле места на спутник  $\Delta_s$ , интенсивности дождя  $I_m$  и градиенте диэлектрической проницаемости  $g$ .
8. Рассчитать полную шумовую температуру приемников в направлениях: «ИСЗ – ЗС», «ЗС – ИСЗ» при заданных угле места и частоте сигнала, и коэффициента шума приемника.
9. Рассчитать требуемую ЭИИМ спутника при известной чувствительности приемника ЗС и дистанции между спутником и земной станцией.
10. Рассчитать и построить диаграмму уровней при заданной мощности передатчиков и чувствительности приемников, коэффициентах усиления антенн и дистанции между спутником и ЗС.
11. Рассчитать среднее время замираний за счет рассеивания на неоднородностях тропосферы при известном угле места, диаметре антенны и частоте сигнала.
12. Рассчитать среднее время замираний за счет ослабления сигнала в гидрометеорах на заданной частоте сигнала при известных координатах спутника и земной станции и энергетическом запасе на замирание  $L_{min}$ .

Для формирования задач вводятся различные исходные.

## **Методические указания по подготовке к экзамену**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Современные системы спутниковой связи» проводится в виде устного экзамена в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Для допуска к экзамену необходимо выполнить все практические работы, защитить расчетно-графическую работу и предоставить свое Портфолио, которое состоит из отчетов по практическим работам и пояснительной записки к расчетно-графической работе в электронном виде и на твердых носителях в формате А4. При подготовке к экзамену необходимо повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посетить консультации.

### **Портфолио по дисциплине:**

#### **«Современные системы спутниковой связи»**

##### **1 Название портфолио**

##### **2 Структура портфолио:**

2.1 Практические работы (каждая работа отдельным файлом).

2.3 Расчетно-графическая работа (отдельным файлом).

**Промежуточная аттестация** (экзамен) включает в себя 2 теоретических вопроса (из разделов прочитанных лекций) и один практический вопрос в виде типовой задачи аналогичной выполненным ранее задачам на практических занятиях.

## Примеры экзаменационных билетов:

Дальневосточный федеральный университет

III семестр

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

по дисциплине «Современные системы спутниковой связи»

1. Оценка среднего времени замираний в спутниковых каналах связи за счет рассеивания на неоднородностях тропосферы.
2. Засветка антенн земных станций Солнцем и Луной.
3. Рассчитать угловые параметры зоны обслуживания спутника при известных координатах и параметрах его геостационарной орбиты д:140в.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Л.Г. Стаценко

Экзаменатор \_\_\_\_\_ И.М. Орощук

Дальневосточный федеральный университет

III семестр

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ 2

по дисциплине «Современные системы спутниковой связи»

1. Влияние рефракционных изменений в атмосфере на качество связи через ИСЗ.
2. Оценка среднего времени замираний в спутниковых каналах связи за счет ослабления сигнала в гидрометеорах.
3. Рассчитать изменение угла поляризации волны в ионосфере за счет эффекта Фарадея на частоте 1 ГГц и оценить затухание сигнала.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Л.Г. Стаценко

Экзаменатор \_\_\_\_\_ И.М. Орощук

## Критерии выставления оценки студенту на экзамене

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«Отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«Хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	«Удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация по дисциплине «Современные систем спутниковой связи» проводится по итогам выполнения практических задач и курсового проекта.

## Типовые задания к практическим работам

**Задача №1.** Рассчитать угловые параметров зоны обслуживания спутника при известных координатах и параметрах его эллиптической орбиты для минимального угла места  $\Delta_{\min}=10^0$ . Варианты заданий см. в табл. П.2.1.

**Таблица П.2.1 – Варианты заданий к задаче №1**

№ варианта	Исходные данные		
	Фокальный параметр орбиты, км	Эксцентриситет орбиты	Истинная аномалия
1	30000	0,5	90
2	10000	0,8	140
3	45000	0,25	120
4	30000	0,9	90
5	50000	0,8	10
6	25000	0,2	100
7	30000	0,45	180
8	40000	0,6	160
9	44000	0,7	150
10	55000	0,6	190
11	45100	0,3	120
12	35000	0,55	120
13	23000	0,66	110
14	36000	0,77	155
15	49000	0,34	170

**Задача №2.** Рассчитать параметры позиционирования антенны земной станции. Варианты заданий см. в табл. П.2.2.

**Таблица П.2.2 – Варианты заданий к задаче №2**

№ варианта	Исходные данные		
	Координаты ЗС		Координаты ГО спутника
	Широта	Долгота	Долгота
1	30 с	100 в	90 в
2	10 с	150 в	140 в
3	45 с	145 в	120 в
4	30 с	100 в	90 в
5	50 с	20 з	10 з
6	20 с	20 з	10 в
7	30 ю	165 в	180 в
8	40 ю	175 в	160 в
9	40 с	130 в	150 в
10	55 с	80 в	70 в
11	25 с	50 з	40 з
12	60 с	20 з	30 в

13	35 ю	165 в	180 в
14	44 ю	175 в	160 в
15	56 с	120 з	100 з

**Задача №3.** Рассчитать ослабления волны в свободном пространстве при заданных координатах спутника и земной станции. Варианты заданий представлены в табл. П.2.3.

**Таблица П.2.3 – Варианты заданий к задаче №3**

№ варианта	Исходные данные			
	f, ГГц	Координаты ЗС		Координаты ГО спутника
		широта	долгота	долгота
1	3	30 с	100 в	90 в
2	10	10 с	150 в	140 в
3	12	45 с	145 в	120 в
4	5	30 с	100 в	90 в
5	1	50 с	20 з	10 з
6	5	20 с	20 з	10 в
7	7	30 ю	165 в	180 в
8	8	40 ю	175 в	160 в
9	9	42 с	130 в	150 в
10	20	40 с	100 в	90 в
11	18	54 с	20 в	30 з
12	4	22 с	20 з	40 в
13	3	33 с	90 в	110 в
14	2	45 с	130 з	120 з
15	1	12 с	125 з	120 з

**Задача №4.** Рассчитать изменение угла поляризации волны в ионосфере за счет эффекта Фарадея на заданной частоте и оценить затухание сигнала. Варианты заданий представлены в табл. П.2.4.

**Таблица П.2.4 – Варианты заданий к задаче №4**

№ варианта	Исходные данные	
	f, ГГц	Угол места спутника $\Delta_c$ , град
1	4	90
2	9	15
3	8	30
4	5	45
5	1	50
6	5	70
7	3	80
8	2	30
9	4	30

10	2,5	20
11	4,5	55
12	3	35
13	10	75
14	6	80
15	7	75

**Задача №5.** Рассчитать допустимую ширину спектра сигнала в спутниковых каналах связи при заданной линейной скорости спутника и угле прихода сигнала относительно направления движения спутника. Варианты заданий представлены в табл. П.2.5.

**Таблица П.2.5 – Варианты заданий к задаче №5**

№ варианта	Исходные данные	
	$f_0$ , ГГц	Угол места спутника $\Delta_c$ , град
1	4	90
2	5	15
3	3	30
4	7	45
5	2	40
6	6	30
7	1	50
8	4	70
9	0,5	80
10	0,3	55
11	0,1	20
12	1,2	33
13	2,5	60
14	0,8	42
15	0,7	75

**Задача №6.** Рассчитать ослабление уровня сигнала в газах для геостационарного спутника при заданных координатах земной станции и спутника и частоте сигнала. Варианты заданий представлены в табл. П.2.6.

**Таблица П.2.6 – Варианты заданий к задаче №6**

№ варианта	Исходные данные				
	$g \times 10^{-8}$ , 1/м	$f$ , ГГц	Координаты ЗС		Координаты ГО спутника
			Широта	Долгота	Долгота
1	-10	30	30 с	80 в	90 в
2	-9	12	10 с	120 в	140 в
3	-11	60	45 с	145 в	120 в
4	-6	50	30 с	100 в	90 в

5	-8	20	50 с	20 з	10 з
6	-9	50	20 с	20 з	10 в
7	-12	70	30 ю	165 в	180 в
8	-7	8	40 ю	175 в	160 в
9	-8	12	40 с	130 в	150 в
10	-5	11	42 с	125 в	130 в
11	-7	40	30 с	70 в	70 в
12	-8,5	50	55 с	30 з	30 з
13	-12	70	35 с	110 в	95 в
14	-11	80	24 ю	135 в	150 в
15	-11	10	35 ю	125 в	140 в

**Задача №7.** Рассчитать ослабление уровня сигнала в гидрометеорах при заданных: угле места на спутник  $\Delta_c$ , интенсивности дождя  $I_m$  и градиенте диэлектрической проницаемости  $g$ . Варианты заданий представлены в табл. П.2.7.

**Таблица П.2.7 – Варианты заданий к задаче №7**

№ варианта	Исходные данные			
	$f$ , ГГц	$g \times 10^{-8}$ , 1/м	$I_m$ , мм/час	Угол места спутника $\Delta_c$ , град
1	8	-10	10	89
2	9	-9	15	15
3	30	-11	20	30
4	7	-6	12	45
5	20	-8	14	40
6	10	-9	28	30
7	15	-12	34	50
8	40	-7	25	70
9	12	-8	30	80
10	15	-5	20	75
11	16	-7	35	20
12	17	-8,5	65	47
13	14	-12	75	52
14	22	-11	15	55
15	25	-11	25	60

**Задача №8.** Рассчитать полную шумовую температуру приемников в направлениях: «ИСЗ – ЗС» и «ЗС – ИСЗ» при заданных угле места, частоте сигнала и коэффициенте шума приемника. Варианты заданий представлены в табл. П.2.8.

**Таблица П.2.8 – Варианты заданий к задаче №8**

№ варианта	Исходные данные						f, ГГц
	Коэффициент шума приемника, Ш		К.П.Д. фидера	К.П.Д. антенны		Угол места спутника Δ <sub>c</sub> , град	
	ЗС	Спутника		ЗС	Спутника		
1	1,5	1,2	0,7	0,9	0,98	90	30
2	2	1,4	0,8	0,89	0,99	15	10
3	3	1,6	0,9	0,95	0,9	30	6
4	1,2	1,9	0,5	0,85	0,91	45	5
5	2,5	2	0,6	0,91	0,92	40	2
6	4	2,1	0,75	0,96	0,94	30	50
7	5	2	0,82	0,87	0,9	50	7
8	3,5	1,5	0,7	0,8	0,99	70	8
9	1,8	1,3	0,6	0,99	0,98	80	12
10	1,6	1,1	0,75	0,9	0,95	55	40
11	2,3	1,6	0,82	0,78	0,9	60	35
12	3,1	1,5	0,78	0,94	0,97	70	50
13	1,9	1,2	0,75	0,91	0,95	30	7
14	2,6	1,6	0,81	0,96	0,98	80	8
15	4	2	0,96	0,96	0,97	55	10

**Задача №9.** Рассчитать требуемую ЭИИМ спутника при известной чувствительности приемника ЗС и дистанции между спутником и земной станцией. Варианты заданий представлены в табл. П.2.9.

**Таблица П.2.9 – Варианты заданий к задачам №9 и №10**

№ варианта	Исходные данные			
	Чувствительность приёмника, P <sub>2</sub> , дБм	Длина волны сигнала, см	Дистанция между ЗС и спутником, тыс. км	Коэффициент усиления антенны ЗС, дБ
1	1,5	7	15	40
2	2	8	5	45
3	3	9	1,5	25
4	1,2	5	1	33
5	2,5	6	24	42
6	4	7,5	30	38
7	5	8,2	40	28
8	3,5	7	35	34
9	1,8	6	11	44
10	0,5	9	1,5	42
11	1,5	5	10	23
12	0,5	2	24	42
13	2,2	8	2,5	35
14	1,4	6	20	43
15	2,4	4	24	32

**Задача №10.** С учетом полученных параметров радиолинии в задаче 9 рассчитать и построить диаграмму уровней. Дополнительные данные для расчета диаграммы уровней даны в табл. П.2.10.

**Таблица П.2.10 – Варианты заданий к задаче №10**

№ варианта	Исходные данные	
	Энергетический запас на замирание, $L_{min}$ , дБ	Коэффициент усиления антенны спутника $G_s$ , дБ
1	-20	18
2	-25	9
3	-18	12
4	-30	25
5	-26	12
6	-33	30
7	-35	20
8	-40	10
9	-45	15
10	-23	37
11	-45	28
12	-30	19
13	-35	24
14	-23	32
15	-32	30

**Задача №11.** Рассчитать среднее время замираний за счет рассеивания на неоднородностях тропосферы при известном угле места, диаметре антенны и частоте сигнала. Варианты заданий представлены в табл. П.2.11.

**Таблица П.2.11 – Варианты заданий к задаче №11**

№ варианта	Исходные данные		
	Энергетический запас на замирание $L_{min}$ , дБ	Диаметр антенны, $D_a$ , м	Угол места на спутник $\Delta_c$ , град
1	-3	5	3
2	-3	7	15
3	-2	2	18
4	-8	15	3
5	-6	10	4
6	-10	5	6
7	-3	4	8
8	-3	2	6
9	-7	1	5

10	-4	1	12
11	-3	1	16
12	-4	3	7
13	-5	6	10
14	-3	7	9
15	-6	1	6

**Задача №12.** Рассчитать среднее время замираний за счет ослабления сигнала в гидрометеорах на заданной частоте сигнала при известных координатах спутника и земной станции и энергетическом запасе на замирание  $L_{\min}$ . Варианты заданий представлены в табл. П.2.12.

**Таблица П.2.12 – Варианты заданий к задаче №12**

№ варианта	Исходные данные					
	$L_{\min}$ , дБ	Частота $f$ , ГГц	$g \times 10^{-8}$ , 1/м	Координаты ЗС		Координаты ГО спутника
				Широта	Долгота	Долгота
1	-20	7	-10	40 с	120 в	130 в
2	-25	10	-9	10 с	150 в	140 в
3	-18	9	-11	45 с	145 в	120 в
4	-30	15	-6	30 с	100 в	90 в
5	-26	11	-8	40 с	20 з	0
6	-33	12	-9	0	20 з	10 в
7	-35	14	-12	30 ю	170 в	180 в
8	-40	16	-7	20 ю	155 в	160 в
9	-45	18	-8	30 ю	120 в	140 в
10	-28	5	-12	40 с	20 з	0
11	-24	14	-7,5	5 с	25 з	30 в
12	-15	13	-8,5	30 ю	170 в	170 в
13	-37	8	-13	45 с	10 з	0
14	-22	19	-6,5	0	25 з	15 в
15	-15	12	-7,8	35 ю	160 в	150 в

### **Методические рекомендации для выполнения практических задач**

Для формирования большего количества задач и подготовки индивидуальных заданий для каждого учащегося допускается изменение исходных данных в задачах.

Практические занятия проводятся с использованием методов активного обучения в виде *«проблемного занятия»* по следующей схеме: студентам для изучения темы и получения практических навыков расчета

характеристик спутниковых систем через специальный учебный сайт выдается требуемый теоретический материал и алгоритм решения практической задачи. Студентам необходимо разобраться в физических принципах изучаемой темы и самостоятельно решить по своим исходным данным задачу. Затем после проверки преподавателем результатов расчёта студенту необходимо устно обосновать выбор параметров и справочных данных и порядок решения задачи, и пояснить заложенные в нее физические принципы. При этом форма занятия проходит с использованием ролей студенты – *Подрядчик*, который разработал это решение, преподаватель – *Заказчик*, который задает каверзные вопросы и проверяет решение *Подрядчика* на состоятельность и адекватность. Кроме того, данный метод обучения ставит задачу отработки навыков самостоятельной работы с научно-технической литературой для решения различных инженерных задач.

### Типовые задания к расчётно-графической работе

Таблица П.2.12 – Варианты заданий для расчетно-графической работы «Проектирование спутниковых радиолиний телевизионного вещания»

№ Варианта	Число ТВ стволлов (ТВ программ)	Зона обслуживания
1	1	Приморский край
2	2	Сахалинская область
3	3	Камчатский край
4	3	Хабаровский край
5	3	Москва
6	2	Комсомольск–на-Амуре

7	2	Санкт-Петербург
8	1	Новосибирск
9	3	Крым (Севастополь)
10	2	Иркутск
11	1	Красноярск
12	1	Екатеринбург
13	2	Омск
14	1	Курск
15	2	Мурманск

### Методические рекомендации для курсового проекта

При выполнении расчетно-графической работы необходимо отразить следующие этапы расчета:

10. По требуемым видам обслуживания и координатам зоны обслуживания выбрать спутник связи (вещания).
11. Оценить зону обслуживания спутника.
12. Выбрать критические точки зоны обслуживания.
13. Выбрать оборудование ЗС.
14. Определить энергетический запас на замирание для критических трасс зоны обслуживания.
15. Оценить суммарный процент замираний на всех участках спутниковой радиолинии.
16. Построить диаграмму уровней.
17. Составить функциональную схему радиолинии.

В проекте необходимо использовать *только* геостационарные спутники.

Для расчетов выбрать оборудование земной приемной станции (*ресивер и антенну*), а для обеспечения приема ТВ вещания выбрать *спутник*, обеспечивающий зону покрытия в указанном в задании регионе.

**Критерии оценки результатов обучения по дисциплине при проведении  
текущего контроля успеваемости**

**Шкала оценивания практических занятий и расчетно-графической  
работы**

Показатели	Критерии оценки			
	Отлично (100-86 баллов)	Хорошо (85-76 баллов)	Удовлетвори- тельно (75-50 баллов)	Неудовлетвори- тельно (менее 50 баллов)
Глубина раскрытия вопросов (логика, структура, содержание и степень усвоения теории вопроса).	Работа выполнена полностью. Представляемая информация систематизирована, структурно-последовательна, логически связана. Все параметры получены с требуемой точностью.	Работа выполнена полностью. Представляемая информация систематизирована и структурно-последовательна. Расчеты сделаны с небольшой погрешностью.	Работа выполнена не полностью. Не вся представляемая информация систематизирована.  Некоторые расчеты сделаны с большой погрешностью.	Наличие грубых ошибок в работе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания при решении практической задачи. Большинство расчетов сделано с ошибками.
Стиль изложения материала при защите работы.	Материал изложен ясным, технически грамотным языком. Верно указаны единицы измерения параметров. При защите работы курсант свободно излагает материал без привязки к тексту.	Материал изложен ясным, грамотным языком, но имеются некоторые ошибки в формулировках параметров. Приведены не все единицы измерения.  При защите работы курсант привязан к тексту.	Материал изложен верно, но допускаются ошибки в формулировке параметров и единиц измерения.  При защите работы курсант привязан к тексту.	В изложении материала допускает существенные технические ошибки. Отвечает не уверенно, с большими затруднениями.

Обоснованность полученных выводов	Все выводы обоснованы.	Часть выводов обоснована.	Выводы не обоснованы.	Неумение формулировать выводы.
Ответы на дополнительные вопросы	Полные аргументированные ответы на вопросы с примерами их пояснений.	Ответы на вопросы полные, но без достаточной аргументации.	Частичные ответы на вопросы.	Неуверенность и неточности ответов на дополнительные вопросы