Межгосударственная образовательная организация высшего образования «Российско-Армянский университет»

Утверждено
Директор Института
Агаронян А.К. _____
«19» июня 2026 г., протокол № 10
Утвержден Ученым Советом ИМФВТ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.04.01 «Основы спутниковой связи»

Автор (ы) Акобян А.Г.
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Согласовано:

Заведующий Базовой кафедрой Телекоммуникаций
Сиволенко Э. Р.
_____
(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1 Дисциплина «Основы спутниковой связи» формирует , у студентов теоретические знания о принципах построения современных спутниковых систем связи, функционирования и эксплуатации спутниковых систем связи, изучение принципов передачи информации через искусственные спутники Земли.

1.2 Трудоемкость дисциплины: в академических часах – 180, в кредитах – 5.

1.3 Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана со следующими дисциплинами: информатика, основы построения инфокоммуникационных систем и сетей, физические основы техники СВЧ, цифровая обработка данных, теория связи с подвижными объектами и с последующими УМКД магистратуры.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	**УК-1.1** **УК-1.2** **УК-1.3**	**Знает** методики поиска, сбора и обработки информации, метод системного анализа **Умеет** применять методики поиска, сбора и обработки информации, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применять системный подход для решения поставленных задач. **Владеет** методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации, методикой системного

			подхода для решения поставленных задач.
ПК-4	Способен к составлению аналитических отчетов на основе аналитического и численного исследования рынка и построению прогнозов по продажам инфокоммуникационных систем и/или их составляющих	**ПК-4.1** **ПК-4.2** **ПК-4.3**	**Знает** основы инфокоммуникационных технологий и способы поиска информации по продажам инфокоммуникационных систем и/или их составляющих **Умеет** применять системы управления взаимоотношениями с клиентами при подготовке аналитических отчетов по продажам инфокоммуникационных систем и/или их составляющих **Владеет** навыками построения прогнозов по продажам инфокоммуникационных систем и/или их составляющих по результатам проведенных исследований
ПК-6	Способен осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей	**ПК-6.1** **ПК-6.2**	**Знает** принципы построения и работы сети связи и протоколов сигнализации, используемых в сетях связи; основы спутниковых технологий, используемых на транспортной сети **Умеет** осуществлять конфигурационное и параметрическое планирование транспортных сетей и сетей передачи данных, анализировать качество работы транспортных сетей и сетей передачи данных; **Владеет** навыками выработки решений по оперативному

		ПК-6.3	переконфигурированию сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ, оборудования и технологий

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1 Цель дисциплины – формирование знаний о построении, функционировании и эксплуатации спутниковых систем связи, изучение принципов передачи информации через искусственные спутники Земли, особенностей проектирования спутниковых линий связи, а также приобретение компетенций, необходимых для решения профессиональных задач в области инфокоммуникационных технологий и систем связи.

2.2 ***Задача*** – изучить принципы организации спутниковых систем связи и их место в современной телекоммуникационной инфраструктуре; ознакомиться с основными типами орбит искусственных спутников Земли и особенностями их применения; изучить структуру спутниковых систем связи, назначение и функции космического иноземного сегментов; освоить основы распространения радиоволн в спутниковых каналах связи и факторы, влияющие на качество передачи информации; изучить методы расчета энергетического баланса спутниковой линии связи; ознакомиться с современными стандартами и технологиями спутниковой связи (VSAT, DVB-S/S2/S2X, спутниковый Интернет, мобильная спутниковая связь); приобрести навыки анализа технических характеристик спутниковых систем и выбора оборудования для решения практических задач; сформировать умения выполнять инженерные расчеты параметров спутниковых каналов связи; освоить методы повышения надежности и эффективности спутниковых систем связи; изучить основные направления развития спутниковых коммуникаций, включая высокопроизводительные спутники (HTS), низкоорбитальные группировки (LEO) и интеграцию спутниковых и наземных сетей связи.

2.3 Трудоемкость дисциплины: в академических часах – 180, в кредитах - 5

Виды учебной работы	**Всего, в акад. часах**	**Распределение по семестрам**					
		_III__ сем	**_IV _ сем**	**_V_ сем**	**_VI сем**	**VII сем**	**VIII сем**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**180**	**-**	**-**	**180**	**-**	**-**	**-**
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**80**	**-**	**-**	**80**	**-**	**-**	**-**
1.1.1. Лекции	**64**	**-**	**-**	**64**	**-**	**-**	**-**
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**16**	**-**	**-**	**16**	**-**	**-**	**-**
1.1.2.1. Обсуждение прикладных проектов	**10**	**-**	**-**	**10**	**-**	**-**	**-**
1.1.2.2. Кейсы	-	-	-	-	-	-	-
1.1.2.3. Деловые игры, тренинги	-	-	-	-	-	-	-

1.1.2.4. Контрольные работы	-	-	-	-	-	-	-
1.1.2.5. Решение задач	**6**		-	**6**	-	-	-
1.1.3.Семинары	-	-	-		-	-	-
1.1.4.Лабораторные работы	-		-	-	-	-	-
1.1.5.Другие виды (указать)			-		-	-	-
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**64**		-	**64**	-	-	-
1.2.1. Подготовка к экзаменам	**20**		-	**20**	-	-	-
1.2.2. Симулирование и моделирование ПЛИС	**20**		-	**20**	-	-	-
1.2.2.1.Письменные домашние задания	-	-	-	-	-	-	-
1.2.2.2.Курсовые работы	-	-	-	-	-	-	-
1.2.2.3.Эссе и рефераты	**10**	-	-	**10**	-	-	-
1.2.2.4.Другое (указать)	-	-	-	-	-	-	-
1.3. Консультации	**14**		-	**14**	-	-	-
1.4. Другие методы и формы занятий	-	-	-		-	-	-
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Экзамен 36**		-	**Экзамен 36**	-	-	-

Лекции (64 ч) — изучение теоретических основ спутниковой связи, архитектуры систем, методов передачи информации, расчета линий связи и современных технологий.

Практические занятия (16 ч) — выполнение инженерных расчетов, анализ параметров спутниковых систем и решение задач проектирования.

Самостоятельная работа (64 ч) — изучение нормативной документации (ITU, ETSI, 3GPP), подготовка к практическим занятиям, выполнение расчетных заданий, анализ современных спутниковых систем (Starlink, OneWeb, «Экспресс», «Ямал» и др.), подготовка к экзамену.

2.2 Содержание дисциплины

2.2.1 Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Практ. Занятия (ак. часов)	Семинары (ак. часов)	Лабор. (ак. часов)
1	2	3	4	5	6
Раздел 1. Введение в спутниковую связь	**8**	**8**	-	-	-
Тема 1.1. История развития спутниковой связи. Современное состояние и перспективы развития	**4**	**4**	-	-	-
Тема 1.2. Основные принципы построения спутниковых систем связи. Классификация спутниковых систем	**4**	**4**	-	-	-
Раздел 2. Орбитальная механика и космический	**10**	**8**	**2**	-	-
Тема 2.1. Орбиты искусственных спутников Земли. Параметры орбит и особенности эксплуатации	**4**	**4**	**2**	-	-
Тема 2.2. Космический сегмент спутниковых систем. Конструкция и основные подсистемы спутника	**6**	**4**	**2**	-	-
Раздел 3. Наземный сегмент спутниковых систем	**10**	**8**	**2**	-	-
Тема 3.1. Земные станции спутниковой связи. Структура,	**6**	**4**	-	-	-
Тема 3.2. Антенны спутниковой связи. Основные характеристики и методы наведения	**4**	**4**	**2**		
Раздел 4. Радиолиния спутниковой связи	**10**	**8**	**2**	-	-
Тема 4.1. Частотные диапазоны спутниковой связи. Международное распределение частот	**4**	**4**	-	-	-

Тема 4.2. Энергетический расчет спутниковой линии связи (Link Budget)	**4**	**4**	**2**	-	-
Раздел 5. Передача информации	**10**	**8**	**2**	-	-
Тема 5.1. Методы модуляции и кодирования в спутниковых системах	**4**	**4**	**2**	-	-
Тема 5.2. Множественный доступ (FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA)	**4**	**4**	-	-	-
Модуль 6. Современные спутниковые сети	**10**	**8**	**2**	-	-
Тема 6.1. VSAT-системы. Корпоративные и ведомственные спутниковые сети	**4**	**4**	**2**	-	-
Тема 6.2. Широкополосный спутниковый доступ в Интернет. Высокопропускные спутники	**4**	**4**	-	-	-
Модуль 7. Навигационные и специализированные спутниковые системы	**12**	**8**	**4**	-	-
Тема 7.4. Глобальные навигационные спутниковые системы(GPS, ГЛОНАСС, Galileo,	**4**	**4**	**2**	-	-
Тема 7.5. Спутниковое телевидение, мобильная спутниковая связь и IoT	**4**	**4**	**2**	-	-
Модуль 8. Перспективные направления	**10**	**8**	**2**	-	-
Тема 8.1. Низкоорбитальные спутниковые группировки (LEO), сети	**4**	**4**	**2**	-	-
Тема 8.2. Перспективы развития спутниковой связи. Интеграция спутниковых и наземных сетей блоки	**4**	**4**	-		
ИТОГО	**80**	**64**	**16**	-	-

2.3.1 **Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана**

Тема 1. Введение в спутниковую связь

1. История развития спутниковой связи. Современное состояние и перспективы развития

2 .Основные принципы построения спутниковых систем связи. Классификация спутниковых систем
([1], §§1.1 – 1.5, [2], §1.2).

Тема 2. Орбитальная механика и космический сегмент

1 Орбиты искусственных спутников Земли. Параметры орбит и особенности эксплуатации
2 Космический сегмент спутниковых систем. Конструкция и основные подсистемы спутника
([8], §§2.1, 2.2).

Тема 3. Наземный сегмент спутниковых систем

1. Земные станции спутниковой связи. Структура, оборудование и принципы работы
2. Антенны спутниковой связи. Основные характеристики и методы наведения

Тема 4. Радиолиния спутниковой связи Современный мир насыщен информацией, и правильная обработка данных стала неотъемлемой частью многих сфер деятельности. Однако для эффективного управления данной информацией необходимо применять логический способ обработки данных. [11]

1. Частотные диапазоны спутниковой связи. Международное распределение частот
2. Энергетический расчет спутниковой линии связи (Link Budget)

Тема 5. Передача информации

1. Методы модуляции и кодирования в спутниковых системах
2. Множественный доступ (FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA)

Тема 6. Современные спутниковые сети

1. VSAT-системы. Корпоративные и ведомственные спутниковые сети
2. Широкополосный спутниковый доступ в Интернет. Высокопропускные спутники (HTS)

Тема 7. Навигационные и специализированные спутниковые системы

1. Глобальные навигационные спутниковые системы (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou)
2. Спутниковое телевидение, мобильная спутниковая связь и IoT

Тема 8. Перспективные направления

1. Низкоорбитальные спутниковые группировки (LEO), сети 5G/6G NTN
2. Перспективы развития спутниковой связи. Интеграция спутниковых и наземных сетей

2.3.2 Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

1. Расчет параметров орбит спутников
2. Анализ структуры земной станции спутниковой связи
3. Расчет характеристик антенн спутниковой связи
4. Выполнение энергетического расчета спутниковой линии (Link Budget)
5. Выбор методов модуляции и помехоустойчивого кодирования
6. Проектирование сети VSAT
7. Анализ спутниковых навигационных систем
8. Проектирование фрагмента спутниковой сети для заданного региона

2.3.3 **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника
- Проектор
- Слайдоскоп
- Паяльник
- Осциллограф
- Генератор Сигналов
- Источник питания

2.4 **Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей**

Формы контролей	**Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)**		**Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)**	**Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля**
Вид учебной работы/контроля	**М1**[1]	**М2**	**М1**	**М2**	**М1**	**М2**		
Контрольная работа *(при наличии)*			1	1				
Устный опрос *(при наличии)*								
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*								
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*	0,5	0,5						
Эссе *(при наличии)*								

[1] Учебный Модуль

Проект *(при наличии)*								
Решение задач	0,5	0,5						
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0,5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0,5		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.4	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.6	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3 Теоретический блок *(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)*

3.2 Материалы по теоретической части курса

3.2.1. Основная литература

1. Pratt T., Allnutt J. **Satellite Communications**. 3rd ed. – Hoboken: Wiley, 2019. – 768 p. Один из наиболее авторитетных современных университетских учебников по спутниковой связи.
2. Maral G., Bousquet M., Sun Z. **Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology**. 6th ed. – Hoboken: Wiley, 2020. – 1040 p. Классическое издание, широко используемое в университетских курсах.
3. Roddy D. **Satellite Communications**. 4th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2006. – 656 p.

4. Höyhtyä M. **Satellite Communications and Networks**. – Springer, 2025. Современный учебник, охватывающий спутниковые сети, созвездия спутников и интеграцию с сетями 5G/6G.
5. Скляр Б. **Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение**. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2007.

3.2.2.Дополнительная литература

1. International Telecommunication Union (ITU). **Handbook on Satellite Communications**. 3rd ed. – Geneva: ITU, 2002.
2. Balanis C. A. **Antenna Theory: Analysis and Design**. 4th ed. – Wiley, 2016.
3. Saunders S., Aragón-Zavala A. **Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems**. 3rd ed. – Wiley, 2024.
4. Fortescue P., Swinerd G., Stark J. **Spacecraft Systems Engineering**. 4th ed. – Wiley, 2011.
5. Wertz J., Everett D., Puschell J. **Space Mission Engineering: The New SMAD**. – Microcosm Press, 2011.
6. Proakis J. G., Salehi M. **Digital Communications**. 5th ed. – McGraw-Hill, 2008.
7. Sklar B. **Digital Communications: Fundamentals and Applications**. 2nd ed. – Prentice Hall, 2001.

4 Фонды оценочных средств *(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).*

4.2 Планы практических и семинарских занятий

4.3 Планы лабораторных работ и практикумов

4.4 Материалы по практической части курса

4.4.1 Учебно-методические пособия;

4.4.2 Учебные справочники;

4.4.3 Задачники (практикумы);

4.4.4 Наглядно-иллюстративные материалы;

4.4.5 др. виды материалов.

4.5 Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

4.6 Тематика рефератов, эссе и других форм самостоятельных работ

4.7 Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

4.8 Перечень экзаменационных вопросов

1. История развития спутниковой связи.

2. Основные этапы создания спутниковых систем связи.
3. Преимущества и недостатки спутниковой связи.
4. Области применения спутниковой связи.
5. Классификация спутниковых систем связи.
6. Основные международные организации в области спутниковой связи.
7. Современные тенденции развития спутниковых систем.
8. Законы Кеплера и их применение в спутниковой связи.
9. Типы орбит искусственных спутников Земли.
10. Геостационарная орбита: особенности и преимущества.
11. Низкоорбитальные спутниковые системы (LEO).
12. Среднеорбитальные спутниковые системы (MEO).
13. Высокоэллиптические орбиты.
14. Орбитальные параметры спутников.
15. Покрытие земной поверхности спутниками.
16. Структура спутника связи.
17. Полезная нагрузка спутника.
18. Бортовой ретранслятор.
19. Источники электропитания спутников.
20. Системы ориентации и стабилизации.
21. Антенные системы спутников.
22. Поляризация радиоволн.
23. Структура земной станции спутниковой связи.
24. Антенны земных станций.
25. Малые земные станции VSAT.
26. Усилители высокой мощности.
27. Малошумящие усилители.
28. Модемы спутниковой связи.
29. Системы слежения за спутниками.
30. Структура спутниковой линии связи.
31. Баланс энергетики линии связи.
32. Свободные потери распространения.
33. Коэффициент усиления антенн.
34. Добротность приемной системы G/T.
35. Отношение сигнал/шум.
36. Запас по линии связи.
37. Энергетический расчет спутниковой линии.
38. Диапазоны L, S, C, X, Ku, Ka.
39. Преимущества и недостатки различных диапазонов.
40. Международное распределение частот.
41. Частотное планирование.
42. Поляризационное разделение каналов.
43. Аналоговые системы спутниковой связи.
44. Цифровые системы спутниковой связи.
45. Методы модуляции BPSK, QPSK, 8PSK.
46. Многопозиционная квадратурная модуляция QAM.
47. Методы множественного доступа FDMA.
48. TDMA.
49. CDMA.

50. OFDMA.

50. Источники помех.
51. Атмосферные потери.
52. Влияние дождя на распространение радиоволн.
53. Интерференция спутниковых систем.
54. Электромагнитная совместимость.
55. Повышение надежности спутниковой связи.
56. Система Starlink.
57. OneWeb.
58. ГЛОНАСС.
59. GPS.
60. Galileo.
61. Спутниковые сети нового поколения.
62. Перспективы развития спутниковой связи.
63. Интеграция спутниковых и наземных сетей 5G/6G.

4.9. Примеры и ответы к образцам тестовых заданий

Вопрос 1
Какая орбита обеспечивает неподвижное положение спутника относительно Земли?
а) Низкая круговая
б) Средняя круговая
в) Геостационарная
г) Полярная
Ответ: в

Вопрос 2
Высота геостационарной орбиты составляет:
а) 500 км
б) 2000 км
в) 20200 км
г) 35786 км
Ответ: г

Вопрос 3
Какой диапазон наиболее широко используется для спутникового телевидения?
а) L
б) Ku
в) VHF
г) HF
Ответ: б

Вопрос 4
Что означает аббревиатура VSAT?
а) Very Small Aperture Terminal
б) Variable Satellite Terminal

в) Virtual Satellite Antenna
г) Very Strong Antenna Terminal
Ответ: а

Вопрос 5
Что является основным элементом
полезной нагрузки спутника?
а) Солнечная батарея
б) Ретранслятор
в) Аккумулятор
г) Реакционный двигатель
Ответ: б

Вопрос 6
Какой метод множественного доступа
использует разделение по времени?
а) FDMA
б) TDMA
в) CDMA
г) SDMA
Ответ: б

Вопрос 7
Основной причиной затухания сигнала
в диапазоне Ka является:
а) Ионосфера
б) Дождь
в) Земное магнитное поле
г) Космический ветер
Ответ: б

Вопрос 8
Что характеризует параметр G/T?
а) Мощность передатчика
б) Эффективность приемной станции в) Скорость передачи
г) Полосу пропускания
Ответ: б

Вопрос 9
Какой тип модуляции обеспечивает передачу двух бит на символ?
а) BPSK
б) ASK
в) QPSK
г) FSK
Ответ: в

Вопрос 10
Что означает аббревиатура LEO?
а) Low Earth Orbit

б) Large Earth Orbit
в) Long Earth Orbit
г) Local Earth Orbit
Ответ: а

Вопрос 11
Какой спутник используется в системе GPS?
а) GEO
б) MEO
в) LEO
г) HEO
Ответ: б

Вопрос 12
Главным преимуществом спутниковой связи является:
а) Низкая стоимость оборудования
б) Высокая мобильность сети
в) Большая зона покрытия
г) Полное отсутствие задержек
Ответ: в

Вопрос 13
Что определяет баланс линии связи (Link Budget)?
а) Размер спутника
б) Энергетические характеристики линии связи
в) Скорость вращения Земли
г) Массу спутника
Ответ: б

Вопрос 14
Основной элемент земной станции:
а) Радар
б) Параболическая антенна
в) Телескоп
г) Лазер
Ответ: б

Вопрос 15
Какая организация распределяет
радиочастоты между спутниковыми системами?
а) IEEE
б) ITU
в) ISO
г) ETSI
Ответ: б

5 Методический блок

5.2 Методика преподавания

5.2.1 Во время каждого занятия преподаватель представляет материал по теме дня и вовлекает группу в обсуждение. Практичный характер курса предполагает активное вмешательство каждого студента в процессы представления и обсуждения темы. За преподавателем закреплена ответственность придерживаться тематики данного занятия и предоставлять необходимые фундаментальные знаний и концепций.

5.2.2 После завершения изучения каждой из программ будет проведена контрольная работа для закрепления навыков.