


БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

 А. Л. Толстик  
26.08.2016

Регистрационный № УД- 3379 / уч.

**Спутниковые системы связи**

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности:

1-31 04 02 «Радиофизика»

2016 г.

Учебная программа разработана на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 02-2013 и учебных планов Белорусского государственного университета № G31-171/уч. 2013 г.; № G31и-187/уч. 2013 г.

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

**Курило Владимир Степанович** – старший преподаватель кафедры радиофизики и цифровых медиатехнологий Белорусского государственного университета.

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ**

Кафедрой физики и аэрокосмических технологий  
(протокол № 4 от 22.11.2016 г.)

Учебно-методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий  
(протокол № 3 от 22.11.2016 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины «Спутниковые системы связи» разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта для специальности 1-31 04 02 «Радиофизика» и относится к дисциплинам специализации.

**Цель курса** – рассмотреть варианты спутниковой системы связи с использованием геостационарных, средне орбитальных и низкоорбитальных космических аппаратов.

**Задачи дисциплины** – сформировать у студентов базисные знания об электромагнитных свойствах околоземного пространства и его использовании для организации систем связи.

**Дисциплина взаимосвязана** с дисциплинами «Статистическая радиофизика», «Теория информации», «Основы спутниковой навигации».

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- назначение и области применения спутниковых систем связи;
- диапазоны частот, используемые для связи с космическими аппаратами;
- способы модуляции и канального кодирования в спутниковых каналах связи;
- структуру и функциональные возможности геостационарных систем связи;
- структуру и функциональные возможности низкоорбитальных систем связи, использующих большую группу космических аппаратов с периодом обращения около 100 минут;
- структуру и функциональные возможности систем, использующих космические аппараты с периодом около 12 часов;
- перспективы развития спутниковых систем связи.

**уметь:**

- использовать теорию антенн для расчета рабочих параметров спутникового канала связи;
- выполнить сканирование заданного диапазона частот и определить действующие каналы связи в этом диапазоне и их основные характеристики;
- осуществить прием видеoinформации от геостационарного спутника;
- осуществить прием навигационной информации в системе ГЛОННАС и GPS;
- осуществить прием метеорологической информации от спутников МЕТЕОР и NOAA.
- анализировать функциональные схемы систем телекоммуникации и строить сценарии построения и модернизации сетевых инфраструктур;

- формулировать требования к перспективным телекоммуникационным системам и их компонентам.

***владеть:***

- физическими основами принципов передачи информации в беспроводных телекоммуникационных системах;
- исследовательскими навыками в самостоятельной работе;
- междисциплинарным подходом при решении проблем.

Освоение учебной программы по учебной дисциплине «Спутниковые системы связи» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

- ПК-3. Работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий.
- ПК-4. Разрабатывать численные алгоритмы и программы.
- ПК-5. Составлять отчеты и презентации по исследовательской работе.
- ПК-6. Формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы.
- ПК-14. В составе группы специалистов или самостоятельно разрабатывать радиоэлектронные устройства и системы.
- ПК-15. Рассчитывать и анализировать режимы работы радиоэлектронных систем и намечать пути их улучшения.
- ПК-16. Прогнозировать направления развития радиоэлектронных систем.
- ПК-17. Создавать автоматизированные системы проектирования на основе разработок новых и применения известных программных средств.
- ПК-18. Разрабатывать математические модели радиоэлектронных устройств и систем и проводить вычислительные эксперименты при решении задач проектирования и оптимизации радиоэлектронных систем и устройств.
- ПК-20. Обеспечивать обучение персонала правилам безопасности и осуществлять своевременную проверку знаний.

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины на 3-м курсе в 6-ом семестре отведено всего 130 часов, в том числе 62 аудиторных часа, из них лекции – 32 часа, лабораторные занятия – 26 часов, УСП – 4 часа.

Программа предназначена для студентов очной дневной формы получения образования. Форма текущей аттестации – зачет в 6-ом семестре.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **1. Общее понятие о спутниковых системах связи**

История развития спутниковых систем связи. Роль аэрокосмических технологий в жизни современного общества.

### **2. Электромагнитные параметры околоземного пространства.**

Поглощение электромагнитного излучения в атмосфере, резонансные линии поглощения паров воды и кислорода. Роль ионосферы. Магнитное поле Земли, солнечный ветер и радиационные слои Аллена (внутренний радиационный пояс на высоте  $\approx 4000$  км, состоящий преимущественно из протонов с энергией в десятки МэВ и внешний радиационный пояс на высоте  $\approx 17\,000$  км, состоящий преимущественно из электронов с энергией в десятки кэВ). Геостационарные (GEO), эллиптические (HEO), средневысотные (MEO) – 5000 – 20000 км, низкоорбитальные (LEO) – 800 – 2000 км.

### **3. Краткая теория антенн, использующихся в спутниковых каналах связи.**

Элементарные излучатели, модель идеальной антенны и коэффициент усиления относительно идеальной антенны. Антенны с линейной и круговой поляризацией. Диаграмма направленности параболической антенны.

### **4. Частотные диапазоны спутниковых каналов связи, способы модуляции и кодирования.**

Блок-схема цифрового канала передачи информации. Выбор частотного диапазона, ширины спектра, способа модуляции и кодирования в зависимости от поставленной задачи.

### **5. Методы контроля и исправления ошибок в цифровых каналах передачи информации.**

Теорема Шеннона. Анализ кодов Хемминга, БЧХ и Рида-Соломона с использованием теории полей Галуа. Сверточный код и стандартный код NASA. Турбокод и код с разреженной проверкой на четность (LDPC).

### **6. Структурная схема приема информации от геостационарных спутников.**

Стандарты передачи информации DVB-S и DVB-S2. Использование геостационарных спутников сети Интернет. Система связи Инмарсат.

### **7. Принципы передачи информации в спутниковых системах позиционирования и навигации.**

Диапазоны частот, используемые в системах позиционирования ГЛОНАСС и Navstar, GPS-антенны. Протокол NMEA, визуализация протокола.

### **8. Каналы связи с низкоорбитальными спутниками.**

Рабочие частоты, способ модуляции и кодирования для передачи информации с низкоорбитальных спутников Метеор и NOAA, ведущих наблюдение за погодой и чрезвычайными происшествиями. Декодирование и визуализация информации. Системы связи Турайя и Гонец.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7
1	Общее понятие о спутниковых системах связи	2	–			Выборочный опрос на лекции.
2	Электромагнитные параметры околоземного пространства. Орбиты спутников связи	2	–			Выборочный опрос на лекции.
3	Краткая теория антенн, использующихся в спутниковых каналах связи.	2	4			Выборочный опрос на лекции. Отчет по лабораторной работе (ЛР) и ее защита.
4	Частотные диапазоны спутниковых каналов связи, способы модуляции и кодирования.	2	4			Выборочный опрос на лекции. Отчет по ЛР и ее защита
5	Методы контроля и исправления ошибок в цифровых каналах передачи информации.					
5.1	Теорема Шеннона. Код Хемминга, теория полей Галуа.	2	–			Выборочный опрос на лекции
5.2	Коды BCH и Рида-Соломона.	2	2			Выборочный опрос на лекции Отчет по ЛР и ее защита
5.3	Сверточный код и стандартный код NASA.	2	–			Выборочный опрос на лекции
5.4	Турбокод и код с разреженной проверкой на четность (LDPC).	2	2			Выборочный опрос на лекции. Отчет по ЛР и ее защита
	Контроль самостоятельной работы студентов по теме 5	–	–		2	Модель канала передачи информации Матлаб.

1	2	3	4	5	6	7
6	Структурная схема приема информации от геостационарных спутников.					
6.1	Стандарт передачи информации DVB-S	2	2			Выборочный опрос на лекции. Отчет по ЛР и ее защита
6.2	Стандарт передачи информации DVB-S2.	2	–			Выборочный опрос на лекции.
6.3	Использование геостационарных спутников в сети Интернет. Сеть Инмарсат.	2	–			Выборочный опрос на лекции.
7	Принципы передачи информации в спутниковых системах позиционирования и навигации.					
7.1	Диапазоны частот, используемые в системах позиционирования ГЛОНАСС и Navstar, GPS-антенны.	2	–			Выборочный опрос на лекции.
7.2	Методы модуляции и декодирования в системах позиционирования. Протокол NMEA, визуализация протокола.	2	4			Выборочный опрос на лекции. Отчет по ЛР и ее защита
8	Каналы связи с низкоорбитальными спутниками.					
8.1	Рабочие частоты, способ модуляции и кодирования для передачи информации с низкоорбитальных спутников NOAA15, 18 и 19.	2	4			Выборочный опрос на лекции. Отчет по ЛР и ее защита
8.2	Рабочие частоты, способ модуляции и кодирования для передачи информации с низкоорбитальных спутников МЕТЕОР-М2.	2	4			Выборочный опрос на лекции. Отчет по ЛР и ее защита
8.3	Системы связи Турайя и Гонец.	2	–			Выборочный опрос на лекции.
	Контроль самостоятельной работы студентов по темам 6-8	–	–		2	Электронный отчет с информацией, полученной по спутниковым каналам
	Всего:	32	26		4	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Абламейко, С. В. Спутниковые системы связи: пособие для студентов факультетов радиофизики и компьютерных технологий, мех.-мат. и геогр. / С. В. Абламейко, В. А. Саечников, А. А. Спиридонов. – Минск: БГУ, 2012.–147 с.: ил.– (Аэрокосмические технологии). ISBN 978-985-518-775-3.
2. Сомов, А. М., Корнев С. Ф. Спутниковые системы связи: Учебное пособие для вузов / Под ред. А. М. Сомова. - М.: Горячая линия–Телеком, 2012. – 244 с.
3. Савочкин, А.А. Спутниковые системы связи: Учебное пособие. Рекомендовано кафедрой радиотехники и телекоммуникаций. Севастополь: СевНТУ, 2012. – 113 с.

### Перечень дополнительной литературы

1. Михайлов, В. Ф. Космические системы связи: Учебное пособие / В. Ф. Михайлов, В. И. Мошкин, И. В. Брагин. СПб.: ГУАП, 2006. 174 с.: ил.
2. Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые сети связи: Учеб. Пособие. — М.: «Альпина Паблишер», 2004. - 536 с: ил. ISBN 5-94599-099-X
3. Морелос-Сарагоса, Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. – Москва: Техносфера, 2005. – 320 с. ISBN 5-94836-035-0.
4. Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework, Third Edition. Hervy Benoit Copyright © Dunod, 4th edition, Paris 2006. English translation published by Elsevier, 2008. 305 P, ISBN 978-0-240-52081-0.
5. Satellite Networking, Principles and Protocols. Zhili Sun. University of Surrey, UK Copyright © 2005 John Wiley & Sons Ltd, 377 p ISBN-10: 0-470-87027-3.
6. The Satellite Communication, Applications Handbook. Second Edition. Bruce R. Elbert © 2004 ARTECH HOUSE, INC. 685 Canton Street, Norwood, MA 02062 -552 p. International Standard Book Number: 1-58053-490-2.

### Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы

1. Проектирование антенны с правой круговой поляризацией на заданную рабочую частоту.
2. Проектирование полосового фильтра, уменьшающего помехи спутниковому каналу передачи информации.
3. Сканирование и контроль качества канала передачи информации от геостационарного спутника.
4. Прием данных от спутников NOAA.
5. Прием данных от спутника Метеор М2.
6. Сравнительный анализ точности навигационных данных, полученных с использованием различных GPS-модулей.



### **Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности**

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

- устная (опросы на лекциях, устный зачёт);
- устно-письменная (письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой);
- техническая (модель канала передачи информации Матлаб, электронный отчёт с информацией, полученной по спутниковым каналам).

Оценивание результатов изучения дисциплины проводится в соответствии с критериями оценки знаний и компетенций студентов, изложенными в письме Министерства образования Республики Беларусь № 21-04-1/105 от 22.12.2003 г. и в соответствии с «Положением о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете» (приказ ректора БГУ № 382-ОД от 18.08.2015 г.).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Основы спутниковой навигации	Кафедра физики и аэрокосмических технологий	нет	Изменения не требуются (Протокол № 4 от 22.11.2016)
Статистическая радиофизика	Кафедра радиофизики и цифровых медиатехнологий	нет	Изменения не требуются (Протокол № 4 от 22.11.2016)
Теория информации	Кафедра радиофизики и цифровых медиатехнологий	нет	Изменения не требуются (Протокол № 4 от 22.11.2016)