

# БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



## СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:

1-31 04 02 Радиофизика

1-31 04 03 Физическая электроника

1-31 03 07 Прикладная информатика (по направлениям)  
направления специальности

1-31 03 07 - 02 Прикладная информатика (информационные технологии  
телекоммуникационных систем)

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов высшего образования ОСВО 1-31 04 02-2013 «Радиофизика»; ОСВО 1-31 04-03 «Физическая электроника», ОСВО 1-31 03 07-2013 «Прикладная информатика(по направлениям)» и учебных планов Белорусского государственного университета № G31-164/уч. 2013г.; №G31и-189/уч. 2013г.; №G31-165/уч. 2013г.; № G31и-188/уч. 2013г.; № G31и-170/уч. 2013г.; № G31и-186/уч. 2013г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**В.С.Курило**, старший преподаватель кафедры радиофизики и цифровых медиатехнологий Белорусского государственного университета.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой радиофизики и цифровых медиатехнологий Белорусского государственного университета  
(протокол № 4 от 15 ноября 2016 года);

Учебно-методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета  
(протокол № 3 от 22 ноября 2016 года).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина "Системы мобильной связи" - научно-практическая учебная дисциплина, в которой изучаются принципы построения беспроводных систем связи, варианты множественного доступа к каналам связи, отличительные особенности передачи информации с выделением канала и пакетной передачей без выделения канала, методы снижения вероятности канальной ошибки и повышения конфиденциальности информации, программные приложения в мобильных устройствах.

Учебная программа «Системы мобильной связи» относится к дисциплинам специализации специальностей 1-31 04 02, 1-31 04 03, 1-31 03 07-02.

**Цель преподавания дисциплины** - формирование базовых знаний и навыков специалиста в области проектирования и использования мобильных систем связи.

**Задачи изучения дисциплины:**

- изучение радиоканала и сотовой структуры мобильной связи;
- изучение логических каналов и модели взаимодействия открытых систем связи;
- ознакомление с программами проектирования сотовых сетей, аппаратными методами тестирования, прикладными программными приложениями;
- развитие навыков применения мобильных устройств в общественно полезных целях.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные стандарты мобильных систем связи и их технические характеристики;
- особенности конструкций антенн мобильных аппаратов и базовых станций;
- методы проектирования и испытания мобильных устройств;
- средства создания программных приложений для пользователя мобильным аппаратом;
- глобальную систему мобильной связи GSM, технологии UMTS( Universal Mobile Telecommunications Systems),WAP(Wireless Application Protocol);
- отличительные особенности четвертого поколения сотовых сетей;
- порядок аутентификации и идентификации.

**уметь:**

- рассчитывать зоны покрытия беспроводных сетей связи;
- моделировать распространение радиоволн в условиях плотной застройки;
- применять фильтры линейного предсказания для устранения избыточности речевого сигнала;
- тестировать мобильные устройства;
- работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий;
- Формулировать выводы и рекомендации по применению результатов работы

**владеть:**

- базовыми научно-теоретическими знаниями для решения теоретических и практических задач;
- исследовательскими навыками в самостоятельной работе;
- междисциплинарным подходом при решении проблем.

Освоение учебной программы по учебной дисциплине «Системы мобильной связи» должно обеспечить **формирование следующих компетенций:**

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным вырабатывать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Проводить математическое моделирование физических процессов, приборов и устройств.
- Рассчитывать и анализировать режимы работы приборов и электронных устройств для улучшения их характеристик.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, приобретенных студентами при изучении дисциплин «Основы радиоэлектроники», «Прикладная электродинамика», «Статистическая радиофизика», «Теория информации».

В соответствии с учебными планами специальностей учебная программа предусматривает для изучения дисциплины 124 часа (120 часов для специальности 1-31 03 07-02), из них аудиторных часов- 62, в том числе лекционных- 34 ч., лабораторных- 28 ч.

Дисциплина преподается в 8 семестре 4 курса для студентов дневной формы получения высшего образования.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Введение.**

Эталонная модель открытых систем OSI (Open Systems Interconnection)/ISO (International Standard Organization). Семь уровней модели. Глобальная система мобильной связи GSM. Архитектура GPRS-сетей. Службы и технологии UMTS(Universal Mobile Telecommunications Systems), WAP (Wireless Application Protocol).

### **Тема 2. Радиоканалы мобильной сети.**

Распределение частотного диапазона между стандартами связи. Распространение радиоволн в условиях полной застройки. Особенности конструкций антенн мобильных аппаратов и базовых станций. Синтезаторы частоты. Частотная и фазовая модуляция. Гетеродинный приемник с нулевой промежуточной частотой, I/Q сигналы.

Применение фильтров линейного предсказания для устранения избыточности речевого сигнала.

Фильтры кратковременного и долговременного предсказания. Структура фрейма речевого канала, перемежение, вычисление контрольной суммы и сверточное кодирование. Декодер Витерби.

Основы теории полей Галуа. Блочные коды Хемминга, БХЧ, Рида-Соломона. Коды LDPC и Турбо коды.

### **Тема 3. Идеология доступа в сеть.**

Структура информационных кадров. Территориальное распределение частотных каналов, временная структура кадров в стандарте GSM: гиперкадр, суперкадр, мультикадр, TDMA кадр.

Использование SIM карты. Инициализация и установление связи. Порядок аутентификации и индентификации. Шифры A3, A5 и A8. Передача обслучивания. Конфиденциальность связи, защита от возможного взлома сети.

Развитие технологии передачи пакетной информации в мобильных сетях.

Надстройка GPRS как переходной вариант (2.5G). Служба коротких сообщений SMS, служба мультимедийных сообщений MMS. Служба обмена расширенными сообщениями EMS.

### **Тема 4. Третье поколение сотовых сетей.**

Кодовый множественный доступ CDMA с использованием функции Уолша. Отличительные особенности мобильных аппаратов с поддержкой различных стандартов. Оборудование пользователя, спецификация 3GPP TS 25.101 (FDD). Оборудование базовой станции.

Спецификация 3GPP TS 25.104 (FDD). Мультиплексирование и канальное кодирование, спецификация 3GPP TS 25.212 (FDD) . Расширение спектра и модуляция.

Спецификация 3GPP TS 25.213 (FDD). Алгоритмы шифрования в сетях UMTS.

**Тема 5. Четвертое поколение сотовых сетей.**

Переходная версия LTF. Ортогональная частотная модуляция. Сравнительный анализ эффективности использования выделенной полосы частот. Спецификация 3GPP TS36.211.

Мобильные приложения. Определение местоположения мобильного телефона. Контроль состояния пользователя. Биологическая безопасность, коэффициент удельного поглощения SAR (Specific absorption rate). Моделирование распределения электромагнитного поля телефона пользователя. Сравнительный анализ телефонов по SAR.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Материальное обеспечение занятия	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов УСР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1.</b>	<b>Введение.(6ч.)</b>	<b>2</b>			<b>4</b>				
1.1	Эталонная модель открытых систем OSI (Open Systems Interconnection)/ISO (International Standard Organization). Семь уровней модели. Глобальная система мобильной связи GSM. Архитектура GPRS-сетей. Службы и технологии UMTS, WAP.	2			4			Методические указания	Отчёт по лаб.раб.
<b>2.</b>	<b>Радиоканалы мобильной сети (16 ч.)</b>	<b>8</b>			<b>8</b>				
2.1	Распределение частотного диапазона между стандартами связи. Распространение радиоволн в условиях полной застройки. Особенности конструкций антенн мобильных аппаратов и базовых станций. Синтезаторы частоты. Частотная и фазовая модуляция. Гетеродинный приемник с нулевой промежуточной частотой, I/Q сигналы.	2			4			Методические указания	Отчёт по лаб.раб.
2.2.	Применение фильтров линейного предсказания для устранения избыточности речевого сигнала. Фильтры кратковременного и долговременного предсказания. Структура фрейма речевого канала, перемежение, вычисление контрольной суммы и сверточное кодирование. Декодер Витерби.	2							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3	Основы теории полей Галуа. Блочные коды Хемминга	2							
2.4	Коды БХЧ, Рида-Соломона,LDPC и Турбо коды.	2			4			Методические указания	Отчёт по лаб.раб.
<b>3.</b>	<b>Идеология доступа в сеть (10 ч.)</b>	<b>6</b>			<b>4</b>				
3.1	Территориальное распределение частотных каналов, временная структура кадров в стандарте GSM: гиперкадр, суперкадр, мультикадр, TDMA кадр.	2							
3.2	Использование SIM карты. Инициализация и установление связи. Порядок аутентификации и идентификации. Шифры A3, A5 и A8. Передача обслуживания. Конфиденциальность связи, защита от возможного взлома сети.	2			4			Методические указания	Отчёт по лаб.раб.
3.3	Надстройка GPRS как переходной вариант (2.5G). Службы сообщений SMS, MMS. Служба обмена расширенными сообщениями EMS.	2							
<b>4.</b>	<b>Третье поколение сотовых сетей (10 ч.)</b>	<b>10</b>							
4.1	Кодовый множественный доступ CDMA с использованием функции Уолша. Отличительные особенности мобильных аппаратов с поддержкой различных стандартов. Оборудование пользователя, спецификация 3GPP TS 25.101 (FDD)	2							
4.2	Оборудование пользователя, спецификация 3GPP TS 25.101 (FDD)	2							
4.3	Мультиплексирование и канальное кодирование, спецификация 3GPP TS 25.212 (FDD)	2							
4.4	Расширение спектра и модуляция, спецификация 3GPP TS 25.213 (FDD)	2							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5	<b>Алгоритмы шифрования в сетях UMTS.</b>	2							
5.	<b>Четвертое поколение сотовых сетей. (20 ч.)</b>	<b>8</b>			<b>12</b>				
5.1	Ортогональная частотная модуляция. Сравнительный анализ эффективности использования выделенной полосы частот.	2							
5.2	Переходные версии долговременного развития сетей четвертого поколения LTE. Спецификация 3GPP TS36.211.	<b>2</b>							
5.3	Мобильные приложения. Определение местоположения мобильного телефона. Контроль состояния пользователя.	2			4			Методические указания	Отчёт по лаб.раб.
5.4	Биологическая безопасность, коэффициент удельного поглощения SAR. Моделирование распределения электромагнитного поля телефона пользователя. Сравнительный анализ телефонов по SAR	2			8			Методические указания	Отчёт по лаб.раб.
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>34</b>			<b>28</b>				

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Список рекомендуемой литературы**

#### **Основная**

1. Берлин А.Н.. Цифровые сотовые системы связи. –М.: Эко-Трендз,2007.-296 с.
2. Гельгор А.Л.Сотовые сети мобильной связи стандарта UMTS: учеб. Пособие/ Гельгор А.Л.,Попов Е.А.-СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та,2010.-227 с.
3. Тихвинский В.О.,Терентьев С.В.,Юрчук Ф.Б. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура.-М: Эко-Трендз,2010.-284 с.

#### **Дополнительная**

1. М.В. Ратынский. Основы сотовой связи. Под редакцией Д.Б. Зимина, Москва, «Радио и связь»,1998,-248 с.
2. Рашич А. В. Сети беспроводного доступа WiMAX: учеб. Пособие / Рашич А.В.-СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011- 179 с.
3. Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold and Per Beming. 3G Evolution. HSPA and LTE for Mobile Broadband. Second edition.Copyright ©2008. Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold and Per Beming. PublishedbyElsevierLtd.,-608p.
4. Морелос-Сарагоса Р.Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение.-М: Техносфера,2005.-320 с.
5. Joseph Bocuzzi, SIGNAL PROCESSING FOR WIRELESS COMMUNICATIONS, 2008 by The McGraw-Hill Companies,537 p.
6. Hsio-Hwa Chen Mohsen Guizani.Next Generation Wireless Systems Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, -498p.

### **Перечень примерных тем лабораторных работ**

1. Измерение коэффициента усиления элементарного излучателя.
2. Проектирование сотовой сети с использованием прикладной программы RPS2.
3. Моделирование радиоканала в среде Matlab.
4. Синтез открытых и закрытых ключей.
5. Экспериментальное сравнение мобильных телефонов по коэффициенту SAR.
6. Моделирование электромагнитного поля мобильного телефона.
7. Компиляция и запуск программного GPS приложения на мобильном устройстве.

## **Методика формирования итоговой оценки**

Итоговая оценка по дисциплине формируется на основе экзаменационной оценки и оценки текущего контроля в соответствии с «Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в БГУ», утв. приказом ректора БГУ № 382-ОД от 18.08.2015 г. Весовой коэффициент экзаменационной оценки - 0,6; весовой коэффициент текущей успеваемости - 0,4. Оценка текущего контроля формируется на основании оценок отчетов по лабораторному практикуму.

### **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 радиоэлектроники	Физической электроники и нанотехнологий	изменений не требуется	протокол № 4 от 15 ноября 2016 года
Статическая радиофизика	Радиофизики и цифровых-медиатехнологий	изменений не требуется	протокол № 4 от 15 ноября 2016 года
Теория информации	Радиофизики и цифровых медиатехнологий	изменений не требуется	протокол № 4 от 15 ноября 2016 года
Прикладная электродинамика	Радиофизики и цифровых медиатехнологий	изменений не требуется	протокол № 4 от 15 ноября 2016 года

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ  
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ  
ДИСЦИПЛИНЕ НА \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ УЧЕБНЫЙ ГОД**

<b>№ п/п</b>	<b>Дополнения и изменения</b>	<b>Основание</b>

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
радиофизики и цифровых медиатехнологий  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.)

Заведующий кафедрой радиофизики  
и цифровых медиатехнологий,  
к.ф.-м.н., доцент

И.Э.Хейдоров

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета радиофизики и  
компьютерных технологий,  
к.ф.-м.н., доцент

С.В.Малый