

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»



УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор

Дик С.К.

2018 г.

ПРОГРАММА

Дополнительного вступительного экзамена в магистратуру по  
специальности 1-39 81 03 «Информационные радиотехнологии»

Минск 2018

Программа составлена на основании учебных программы дисциплины  
Телекоммуникационные технологии и системы, УД-4-697/р .

**СОСТАВИТЕЛИ:**

Листопад Николай Измаилович - доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой ИРТ БГУИР;

Козел Виктор Михайлович - кандидат технических, доцент, доцент  
кафедры ИРТ БГУИР.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой информационных радиотехнологий учреждения образования  
«Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники»

(протокол № 9 от « 22 » января 2018 г.)

Заведующий кафедрой ИРТ



Листопад Н.И.

## Содержание программы.

### **Тема 1. Основы качественной теории информации.**

Предмет и задачи теории информации. Понятие количества информации для дискретного канала связи. Основные свойства информации для дискретного канала связи. Количество информации в дискретном сообщении. Понятие энтропии для дискретного канала связи. Энтропия как мера степени неопределенности состояния физической системы, энтропия сложной системы, теорема сложения энтропий. Энтропия и информация (дискретный источник информации, непрерывный источник информации). Количество информации для непрерывного сигнала. Понятие дифференциальной энтропии. Энтропия гауссовского шума. Энтропия треугольного колебания. Энтропия совокупности выборок непрерывного сигнала/

Задача кодирования информации, скорость передачи информации.

Передача информации по каналу связи. Информационная емкость дискретного канала связи. Пропускная способность непрерывного канала связи. Пропускная способность канала связи при наличии шума, теоретическая граница скорости передачи информации (теоремы Шеннона).

Передача цифровых сигналов по каналу связи с шумом. Энергия на бит и частота ошибок на бит. Условия физической реализуемости системы передачи информации, использующей канал с шумом.

### **Тема 2. Методы формирования телекоммуникационного канала.**

Цифровые методы модуляции сигнала (ASK, FSK, PSK, MSK, FFSK, GMSK, QPSK, OQPSK, QAM). Соотношение длительность элементарного символа - ширина занимаемой полосы частот и проблема выбора формы элементарного символа. Структура оптимального приемника сигнала с дискретной бинарной модуляцией. Вероятность ошибки при приеме сигналов с дискретной модуляцией, PSK (основные понятия и временные диаграммы, спектр сигнала с PSK, вероятность ошибки при приеме, необходимая ширина полосы частот, методы формирования и приема), QPSK (основные понятия и временные диаграммы, метод формирования и приема, недостатки, спектральная эффективность, вероятность ошибки), OQPSK

(основные понятия и временные диаграммы, метод формирования и приема, спектральная эффективность, вероятность ошибки), FSK (основные понятия и временные диаграммы, спектральные характеристики, методы формирования и приема, минимальная девиация частоты обеспечивающая некоррелированность символов, вероятность ошибки при когерентном и некогерентном приеме), MSK (основные понятия и временные диаграммы, MSK как FFSK, минимальная девиация частоты для FFSK, спектральные характеристики FFSK, метод формирования и приема, вероятность ошибки), GMSK, DQPSK, QAM (основные характеристики метода модуляции, методы формирования и приема, основные временные и частотные диаграммы).

Сравнительная характеристика цифровых методов модуляции с точки зрения помехоустойчивости канала связи и эффективности использования частотного спектра.

Сравнительная характеристика аналоговых и цифровых методов модуляции с точки зрения помехоустойчивости канала связи и эффективности использования частотного спектра.

Методы организации дуплексного канала (частотный и временной дуплекс).

Методы множественного доступа в телекоммуникационных системах (системы с частотным, временным, кодовым и пространственным разделением каналов связи).

### **Тема 3. Методы определения зоны обслуживания мобильных телекоммуникационных систем.**

Общие принципы определения зоны обслуживания в мобильных телекоммуникационных системах. Взаимосвязь между уровнем полезного сигнала и параметрами электромагнитного поля. Понятие надежности и качества связи.

Основные модели распространения радиоволн. Распространение радиоволн в свободном пространстве. Распространение радиоволн вблизи поверхности земли. Электрические параметры атмосферы. Рефракция радиоволн в атмосфере; индекс рефракции; сверх рефракция; эквивалентный радиус Земли; понятие радиогоризонта. Учет сферичности Земли при распространении радиоволн: радиогоризонт, коррекция высот передающей и

приемной антенн. Понятие зоны Френеля. Радиус  $i$ -той зоны Френеля. Потери за счет дифракционного распространения радиоволн при одном клиновидном препятствии. Потери за счет дифракционного распространения радиоволн при одном шарообразном препятствии. Потери за счет дифракционного распространения радиоволн при двух препятствиях. Общая методика расчета дифракционных потерь при множестве разнородных препятствий. Общая методика определения уровня сигнала в соответствии с рек. ITU-R 370 и ITU-R 1546, учет неравномерности рельефа местности при определении уровня сигнала. Распространение радиоволн в условиях городской застройки. Эмпирическая модель РРВ Окамура; Модель РРВ Хата; Модель Уолфиша- Иекагами.

Особенности распространения радиоволн в спутниковых СПС.

Многолучевое распространение радиоволн.

#### **Тема 4. Основы частотного планирования мобильных телекоммуникационных систем**

Основной принцип повторного использования частот, определение минимального удаления до передатчика с совпадающей частотой.

Повторное использование частот. Понятие размерности кластера, связь между размерностью кластера и отношением сигнал/помеха.

Типовые частотные планы для случая использования несекторизованных сот. План 1x1, 1x3, 1x4.

Типовые частотные планы для случая использования секторизованных сот. План 1x3, 3x9, 4x12.

#### **Тема 5. Основы теории трафика.**

Трафик телекоммуникационных систем. Интенсивность трафика, единицы измерения интенсивности трафика телекоммуникационных систем. Качество обслуживания телекоммуникационных систем. Абонентская нагрузка, математическая модель системы с блокированием вызова, и с постановкой в очередь

Телекоммуникационная система как система массового обслуживания. Параметры входного потока заявок телекоммуникационных систем, простейший поток заявок.

Анализ системы массового обслуживания с отказами. Вероятность блокирования вызова. Анализ системы массового обслуживания с ожиданием. Вероятность блокирования вызова. Упрощенная процедура проектирования телекоммуникационных систем по критерию реализуемой интенсивности трафика.

## **Тема 6. Примеры современных телекоммуникационных систем**

Особенности системы сотовой связи стандарта AMPS (основные характеристики особенности протокола связи, эволюция к DAMPS и TDMA "IS-136").

Особенности системы сотовой связи стандарта IS-95 (CDMA) и IMT-MC (CDMA-2000) (основные характеристики, методы организации служебных каналов и каналов трафика, особенности радиоканалов UP-LINK и DOWNLINK).

Особенности системы сотовой связи стандарта GSM. (Основные характеристики. Типовая структура сети и взаимодействие ее основных элементов. Структура логических и физических каналов, особенности протокола связи. Защита информации. Модуль международной идентификации абонента - SIM). Перспективы развития систем сотовой связи. Системы 3-го и 4-го поколений.

Особенности систем бесшнуровой телефонной связи. Особенности реализации бесшнуровой связи первого и второго поколения (СТ-1/СТ-2. Бесшнуровая телефонная связь поколения 2+ (стандарт DECT): типовые характеристики, особенности протокола и организации связи). Особенности системы глобальной спутниковой системы связи с подвижными абонентами GLOBALSTAR.

## **Литература**

1. Системы и сети цифровой радиосвязи учеб. пособие / Н.И.Листопад и др. -Минск: «Изд-во Гревцова», 2009. -200с.
2. Теоретические основы цифровой радиосвязи: учеб. пособие / Н.И.Листопад и др. - Минск: БГУИР, 2012. -330с.
3. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ. Под ред. У.К.Джейкса. М:Связь,1979.

4. A. Mehrotra Cellular Radio Performance Engineering. Artech House, 1994
5. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М:Эко-Трендз, 1997.
6. W.Lee Mobile Cellular Telecommunications. McGraw-Hill, Inc. 1995.
7. The Mobile Communications. Handbook. Editor-in-Chief Jerry D. Gibson, CRC PRESS 1996.
8. Регламент радиосвязи.
9. Recommendations ITU P-series
10. Сети телевизионного и звукового ОБЧ ЧМ вещания: Справочник. М:Радио и связь, 1988.
11. ГОСТ 24375-80 "РАДИОСВЯЗЬ Термины и определения"
12. Горбачев К.Л. Рощупкин А.В. Радиоприемные устройства: термины, параметры, электромагнитная совместимость: методическое пособие по курсу "Радиоприемные устройства". -Мн.:БГУИР. 1997. -76с.
13. Радиотехнические системы передачи информации: Учеб. Пособие для вузов/ В.А. Борисов и др.; Под ред. В.В.Калмыкова. -М.: Радио и связь, 1990. -304с.
14. И.С.Гоноровский радиотехнические цепи и сигналы. Часть 1, сигналы, линейные системы с постоянными и переменными параметрами. -М.: Советское радио. 1967. -439с.
15. Методические указания к лабораторной работе "Исследование помехоустойчивости детектора радиосигналов с угловой модуляцией" по курсу "Системы мобильной радиосвязи" / Сост. К.Л.Горбачев, В.М.Козел. А.В.Рощупкин. -Мн.:БГУИР. 2000. -54с.
16. Козел В.М., Горбачев К.Л. Рощупкин А.В. Системы мобильной радиосвязи. Определение зоны обслуживания системы мобильной радиосвязи: Учебное пособие по курсу "Системы мобильной радиосвязи" для студентов специальности "Радиотехника". -Мн.:БГУИР, 2000. -51с.
17. Горбачев К.Л. Козел В.М., Рощупкин А.В. Основы теории трафика систем подвижной связи. Учеб. пособие по курсу "Системы мобильной радиосвязи". -Мн.:БГУИР. 1999. -32с.
18. Горбачев К.Л. Козел В.М., Рощупкин А.В. Системы персонального радиовызова: Учеб. пособие по курсу "Системы мобильной радиосвязи". -Мн.:БГУИР. 2001.-46с.