

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова

**К.Е. Виноградов, М.Ю. Захаров,
А.Н. Кренев, Н.И. Лашков,
В.А. Тимофеев, Н.И. Фомичев, Е.Г. Цыганок**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РАДИОСЕТЕЙ

Учебное пособие

Ярославль 2004

ББК 3841.01я73
К 79
УДК 621.371.32:621.396.6

Рецензенты: кафедра электрорадиотехники
Ярославского зенитно-ракетного института ПВО;
Захаров А. С., канд. физ.-мат. наук

Кренев А.Н. Проектирование и анализ радиосетей: Учебное пособие
/ Виноградов К.Е., Захаров М.Ю., Кренев А.Н., Лашков Н.И., Тимофеев В.А.,
Фомичев Н.И., Цыганок Е.Г.; Науч. ред. А.Н. Кренев; Яросл. гос. ун-т.
Ярославль, 2004. 104 с.
ISBN 5-8397-0345-1

Содержатся основные сведения о частотно-пространственном ресурсе и его структуре, критериях эффективности его использования. Даны теоретические основы и описание структуры и основных составляющих геоинформационной системы, предназначенной для проектирования и анализа радиоэлектронных средств (РЭС) и сетей РЭС, функционирующих на приземных трассах. Подробно рассмотрены вопросы, связанные с моделированием распространения радиоволн вблизи земной поверхности для реальных трасс, РЭС и анализа электромагнитной совместимости (ЭМС). Приведены методики определения напряженности электромагнитного поля, оценки ЭМС и основные вопросы анализа ЭМС постов радиоконтроля с электромагнитной обстановкой.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 013800 Радиофизика и электроника (дисциплина "Радиотелекоммуникации", блок ДС) и направлению 550400 Телекоммуникации (дисциплины "Радиотелекоммуникации", блок ДС; "Основы построения телекоммуникационных систем и сетей", блок ОПД), очной формы обучения.

Может быть полезно для студентов и аспирантов радиофизических и радиотехнических специальностей.

ISBN 5-8397-0345-1

© Ярославский государственный
университет, 2004

© Виноградов К.Е., Захаров М.Ю., Кренев А.Н.,
Лашков Н.И., Тимофеев В.А., Фомичев Н.И.,
Цыганок Е.Г., 2004

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ЧАСТОТНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ РЕСУРС КАК ОБЪЕКТ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ.....	7
1.1 Информационные сигналы и помехи.....	7
1.2 Понятие ЧПР и его структура.....	8
1.3 Оценка эффективности использования ЧПР.....	10
1.4 Управление использованием ЧПР.....	13
1.5 Роль и место радиоконтроля в задачах управления ЧПР	14
2 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГИС ПИАР	16
2.1 Понятие о геоинформационных системах, их структура и классификация.....	16
2.1.1 Представление пространственных данных.....	17
2.1.2 Типовая структура ГИС-проекта	18
2.1.3 Системы координат и проекции, используемые в ГИС.....	21
2.1.4 Карты, рельеф	23
2.2 ГИС ПИАР	26
2.2.1 Структура ГИС ПИАР.....	26
2.2.2 Краткий обзор существующих ГИС	29
3 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ГИС ПИАР	30
3.1 Моделирование распространения радиоволн	30
3.1.1 Закономерности распространения радиоволн вдоль поверхности Земли.....	30
3.1.2 Влияние метеорологических условий на распространение ОВЧ-СВЧ излучения.....	35
3.1.3 Моделирование распространения радиоволн на приземных трассах с учетом рельефа местности.....	46
3.1.4 Особенности распространения радиоволн в городских условиях.....	56
3.2 Математическая модель антенны.....	61
3.2.1 Основные характеристики антенны.....	61
3.2.2 Учет эффекта ближнего поля антенны.....	66
4 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ АНАЛИЗА ЭМС В ГИС ПИАР.....	68
4.1 Основные международные рекомендации и отечественные методики анализа ЭМС РЭС.....	69
4.2 Виды радиопомех.....	71
4.3 Математическая модель радиопередатчика	72
4.3.1 Радиоизлучения РПД.....	72
4.3.2 Модель основного и внеполосного радиоизлучения РПД	73
4.3.3 Модель побочного радиоизлучения на гармониках.....	74
4.4 Математическая модель радиоприемника.....	77

4.4.1	Восприимчивость по основному, зеркальному каналам приема и каналу на ПЧ	78
4.4.2	Восприимчивость по побочным каналам на гармониках гетеродина.....	79
4.5	Математическая модель антенны и фидера	80
4.6	Математическая модель шумовых воздействий.....	82
4.6.1	Собственные шумы РПМ.....	82
4.6.2	Естественные внешние шумы	83
4.6.3	Индустриальные помехи.....	84
4.6.4	Оценка суммарного воздействия шумов.....	85
4.7	Оценка воздействия помех по основному и побочным каналам приема от основного и внеполосных излучений	85
4.8	Оценка воздействия помех блокирования.....	87
4.9	Оценка воздействия помех интермодуляции.....	89
4.10	Критерий ЭМС	91
4.10.1	Защитное отношение.....	91
4.10.2	Критерий ЭМС.....	92
4.10.3	Критерий ЭМС при воздействии нескольких помех на РПМ.....	93
4.10.4	Критерий ЭМС для РПД, воздействующего на совокупность РПМ.....	93
4.10.5	Зоны помех	93
4.11	Анализ воздействия ЭМО на комплекс радиоконтроля	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		99
ЛИТЕРАТУРА		100

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АМ — амплитудная модуляция
АРУ — автоматическая регулировка усиления
АФУ — антенно-фидерное устройство
АЧХ — амплитудно-частотная характеристика
БД — база данных
ВЧ — высокие частоты
ГИС — геоинформационная система
ГИС ПИАР — геоинформационная система проектирования и анализа радиосетей
ДН — диаграмма направленности
ИТ — информационные технологии
МН — минимальная напряженность
МСЭ — международный союз электросвязи
ОВЧ — очень высокие частоты
ПЧ — промежуточная частота
РК — радиоконтроль
РПД — радиопередатчик
РПМ — радиоприемник
РЭС — радиоэлектронное средство
СПГ — супергетеродинный
СПР — сети подвижной радиосвязи
СС — сотовая связь
ТВ — телевидение
ТТХ — тактико-технические характеристики
УВЧ — усилитель высокой частоты
УКВ — ультракороткие волны
УМ — угловая модуляция
ФМ — фазовая модуляция
ЧМ — частотная модуляция
ЧПР — частотно-пространственный ресурс
ЧТП — частотно-территориальное планирование
ЧТР — частотно-территориальный разнос.
ЭМО — электромагнитная обстановка
ЭМС — электромагнитная совместимость