

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических занятий
по дисциплине «Сети радиодоступа»
для студентов направления подготовки 11.03.02
Инфокоммуникационные технологии и системы
связи
Направленность (профиль)
«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных системах и
сетях»

Ставрополь, 2026

Оглавление

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	4
Расчёт бюджета линии радиосвязи.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2	8
Расчет профиля пролета радиорелейных линий связи	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3	12
Расчет зон покрытия по модели Окамура-Хата.....	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4	15
Локальные беспроводные сети Wi-Fi	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5	18
Беспроводные сети Wi-MAX Mobile	18
Литература.....	24

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Расчёт бюджета линии радиосвязи

В теории связи важным понятием является канала связи. Обычно под каналом связи понимают ту часть системы связи, которая включает источник информации, устройство кодирования и модуляции, передающее устройство, физический канал (среду распространения сигнала), приемник с устройствами обработки информации и получатель информации. Анализ канал связи включает **бюджет канала** — расчет потерь энергии сигнала, связанных с физическими процессами, протекающими в устройствах с среде распространения. Бюджет — этот метод оценки, позволяющий определить достоверность передачи информации. Среда распространения или электромагнитный тракт связи, соединяющий передающее и приемное устройства называется каналом связи.

Антенны

Антенна является одним из основных элементов системы беспроводной связи. В качестве простейшей модели передающей антенны, используемой при анализе радиоканала, рассматривается изотропный излучатель — идеальная антенна, излучающая электромагнитные волны во всех направлениях равномерно. Для изотропного излучателя плотность потока мощности на расстоянии r от антенны определяется формулой

$$S(r) = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi r^2},$$

где P_{Σ} - излучаемая мощность.

Для реальных антенн характерно неравномерное распределение излучаемой мощности в пространстве, определяемое диаграммой направленности.

В качестве численной характеристики направленных свойств антенны вводится коэффициент направленного действия — это число, которое показывает во сколько раз мощность антенны в данном направлении больше мощности излучения гипотетической изотропной антенны, отнесенной к единице телесного угла при условии равенства мощностей излучения обеих антенн.

Кроме того антенны характеризуются:

Коэффициент полезного действия — отношение мощности излучения антенны к мощности, подводимой к антенне;

Эффективная площадь антенны

$$A = \frac{\lambda^2}{4\pi} G,$$

где G — коэффициент усиления антенны.

Обычно излучаемая мощность сравнивается либо с мощностью изотропного излучателя (Effective Isotropic Radiated Power), либо с мощностью, излучаемой полуволновым диполем (Effective Radiated Power).

В первом случае — $EIRP = P \cdot G$;

Во втором случае — $ERP = P \cdot G/1,64$;

Следовательно $ERP(dBd) = EIRP(dBi) - 2,15 \text{ дБ}$.

Бюджет канала связи

Достоверность передачи информации определяется несколькими факторами, среди которых можно выделить отношение Сигнал/Шум, а также искажения сигнала, вызванные межсимвольной интерференцией. В цифровой связи вероятность ошибки зависит от нормированного отношения E_b/N_0 , где E_b - энергия одного бита, N_0 - спектральная плотность мощности шума.

Уменьшение отношения Сигнал/Шум может быть вызвано снижением мощности сигнала, повышением мощности шума или мощности сигналов, интерферирующих с полезным сигналом. Эти механизмы называются, соответственно, потерями (ослаблением) и шумом (интерференцией).

Ослабление может происходить в результате поглощения энергии сигнала, отражения части энергии сигнала или рассеяния. Существуют несколько источников шумов и интерференции — тепловой шум, галактический шум, атмосферные и промышленные помехи, перекрестные и интерферирующие сигналы от других источников.

Перечислим некоторые причины потерь:

1. Потери, связанные с ограничением полосы канала.

2. Межсимвольная интерференция.
3. Модуляционные потери.
4. Интермодуляционные потери.
5. Поляризационные потери.
6. Пространственные потери.
7. Помехи соседнего канала.
8. Атмосферные и галактические шумы.
9. Собственные шумы приемника
10. Потери в антенно-фидерном тракте.

При анализе радиоканала часто используются модель свободного пространства. В рамках этой модели предполагается, что в канале отсутствуют такие процессы, как отражение, преломление, поглощение, рассеяние и дифракция радиоволн. Если рассматривается распространение радиоволн в атмосфере, то она предполагается однородной и удовлетворяющей указанным выше условиям. Предполагается, что земная поверхность находится достаточно далеко от радио трассы, так что ее влиянием можно пренебречь. Модель свободного пространства является эталонной при анализе распространения радиоволн на различных трассах. В рамках этой модели энергия сигнала зависит только от расстояния между передатчиком и приемником и убывает обратно пропорционально квадрату расстояния.

Анализ бюджета канала начинается, как правило, с дистанционного уравнения, связывающего мощность на выходе приемного устройства с излучаемой передатчиком мощностью. На первом этапе рассматривается ненаправленная антенна, равномерно излучающая в телесном углу 4π стерадиан — изотропный излучатель.

Принимаемая мощность может быть записана в виде:

$$P_{\text{прием}} = S(r) \cdot A_{\text{прием}} = \frac{P_{\text{пер}} \cdot A_{\text{прием}}}{4\pi r^2},$$

где $A_{\text{прием}}$ - эффективная площадь приемной антенны, $P_{\text{прием}}$ - мощность на входе приемника, $P_{\text{пер}}$ - мощность передатчика, r – расстояние между передатчиком и приемником.

Вышеприведенное уравнение иногда называется дистанционным уравнением.

Для изотропных антенн дистанционное уравнение может быть записано:

$$P_{\text{прием}} = \frac{P_{\text{пер}}}{(4\pi/\lambda)^2} = \frac{P_{\text{пер}}}{L},$$

где L - суммарные потери в свободном пространстве, определяемы формулой

$$L = (4\pi/\lambda)^2.$$

Если для передачи и приема сигнала используются направленные антенны, то можно записать:

$$P_{\text{прием}} = \frac{P_{\text{пер}} \cdot G_{\text{пер}} \cdot G_{\text{прием}}}{L},$$

где $P_{\text{пер}}$ - мощность, подводимая к передающей антенне, а $G_{\text{пер}}, G_{\text{прием}}$ - коэффициенты усиления передающей и приемной антенн.

Таким образом мощность на входе приемника можем записать:

$$P_{\text{прием}} = \frac{P_{\text{пер}} \cdot G_{\text{пер}} \cdot G_{\text{прием}} \cdot \lambda^2}{(4\pi r)^2},$$

Обычно величину потерь в свободном пространстве измеряют в децибелах:

$$L(\text{дБ}) = 10 \lg \frac{P_{\text{пер}}}{P_{\text{прием}}};$$

$$L(\text{дБ}) = 20 \lg(4\pi \cdot r/\lambda) = 20 \lg(f) + 20 \lg(r) - 147,56.$$

ЗАДАЧА №1

Рассчитать максимальную дальность радиосвязи для системы радиосвязи. Если мощность излучения передатчика составляет 20 дБм, минимально допустимая мощность приемника -90 дБм, запас на замирания 30 дБ, коэффициенты усиления передающей и приемной антенн 20 дБ.

ЗАДАЧА №2

Для обеспечения вероятности битовой ошибки $BER = 10^{-6}$ приемнику BPSK требуется отношение $E_b/N_0 = 6\text{дБ}$, мощность теплового шума равна -93 дБм . Расстояние между передатчиком и приемником составляет 10 км . Коэффициенты усиления передающей и приемной антенн составляют 10 дБ . Необходимо определить минимальную мощность передатчика для обеспечения требуемого BER.

Домашнее задание

1. Проработать материал, касающийся распространения радиоволн в свободном пространстве.
2. Рассчитать дальность радиосвязи, если в задаче №1 изменить коэффициент усиления приёмной антенны с 20 до 30 дБ .
3. Рассчитать минимальную мощность передатчика если в задаче №2 используется QAM-16.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Расчет профиля пролета радиорелейных линий связи

Радиорелейные системы связи предназначены для создания наземных высокоскоростных линий и сетей связи на базе стационарных наземных радиорелейных линий (РРЛ).

По архитектуре (структуре) построения радиорелейные системы связи разделяются на следующие группы:

- РРЛ связи «точка - точка»;
- радиорелейные сети связи;
- радиорелейные системы «последней мили» типа «точка - многоточка».

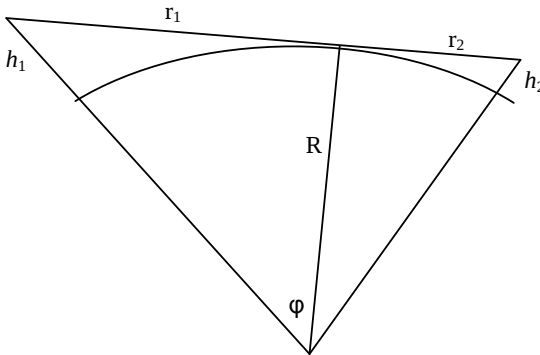
По условиям распространения радиосигналов радиорелейные системы связи классифицируются как:

- РРЛ прямой видимости;
- тропосферные РРЛ;
- радиорелейные системы связи с использованием ретрансляторов на стратосферных платформах и летно-подъемных средствах.

РРЛ связи «точка - точка» дополняют системы с ВОЛС. В настоящее время до скорости передачи 155Мбит/с РРЛ дешевле ВОЛС. РРЛ широко используются для создания магистральных линий связи, а также высокоскоростных линий связи в городах, горных и труднодоступных местностях.

РРЛ со скоростями передачи информации в стволе до 10 Мбит/с относятся к системам малой емкости. РРЛ со скоростями передачи информации в стволе от 10 до 100 Мбит/с относятся к системам средней емкости, а со скоростью более 100 Мбит/с – к системам большой емкости.

Расстояние прямой видимости



Выведем зависимость расстояния прямой видимости без учета рефракции:

$$\cos \varphi = \frac{R}{R + h_1} \sim 1 - h_1 / R;$$

$$\cos \varphi \sim 1 - \varphi^2 / 2 \quad \text{if } \varphi \ll 1;$$

$$r_1 = \varphi R = \sqrt{2h_1 R};$$

$$r_2 = \sqrt{2h_2 R};$$

$$r = r_1 + r_2 = \sqrt{2R} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2});$$

$$r = 3.57 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2});$$

где $R = 6378 \text{ км}$; h_1, h_2 в метрах.

В зависимости от величины просвета интервалы подразделяются на следующие:

Открытые, для которых $H > H_0$, где H_0 , м, соответствует радиусу минимальной зоны Френеля:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1 \cdot \lambda \cdot R_1 \cdot (R - R_1)}{3 \cdot R}} = \sqrt{\frac{1}{3} \lambda \cdot R \cdot K_{\text{тр}} (1 - K_{\text{тр}})}.$$

Полуоткрытые, для которых $H_0 \geq H > 0$;

Закрытые, для которых $H < 0$.

Определяют относительный просвет на трассе:

$$p(g) = H(g)/H_0$$

Основным критерием для расчета высоты подвеса антенн на пролете является условие отсутствия экранировки препятствиями минимальной зоны Френеля при субрефракции радиоволн. Известно, что основная часть энергии передатчика распространяется в сторону приемной антенны внутри минимальной зоны Френеля, представляющий эллипсоид вращения с фокусами в точках передающей и приемной антенн.

Построение и анализ профиля радиорелейного интервала производят в порядке указанном ниже в соответствии с [1].

Рассчитывается эквивалентный радиус Земли a_3 , м,

$$a_3 = \frac{6370000}{1 - 3185000 \cdot g}, \quad (4.1)$$

где g - значение эффективного вертикального градиента диэлектрической проницаемости воздуха, 1/м.

Рассчитывается линия условного нулевого уровня на интервале длиной:

$$y = \frac{R^2}{2 \cdot a_3} \cdot K_i (1 - K_i), \quad (4.2)$$

где $K_i = R_i/R$ - относительная координата текущей i -ой точки;

R_i - расстояние до текущей точки, м.

Используя множество значений из таблицы, наносятся высотные отметки рельефа местности относительно условного нулевого уровня. Соединяя высотные отметки отрезками линий, строится профиль рельефа местности.

В соответствии с заданными высотами антенн h_1 , h_2 , ставятся на точках 0 и R соответствующие высоты антенн относительно профиля местности и соединяются прямой линией.

Определяется просвет трассы $H(g)$, как минимальная разность высот между профилем радиорелейного интервала и прямой, соединяющей центры левой и правой антенн, с высотами h_1 , h_2 соответственно [3]:

$$H(g) = H(0) + \Delta H(g), \quad (4.3)$$

где $H(0)$ - значение просвета при отсутствии рефракции, определяемое из профиля местности;

$\Delta H(g)$ - приращение просвета при изменении g .

$$\Delta H(g) = -\frac{R^2}{4} \cdot g \cdot K_{\text{тр}} \cdot (1 - K_{\text{тр}}), \quad (4.4)$$

где $K_{\text{тр}}$ - относительная координата наивысшей точки профиля пролета.

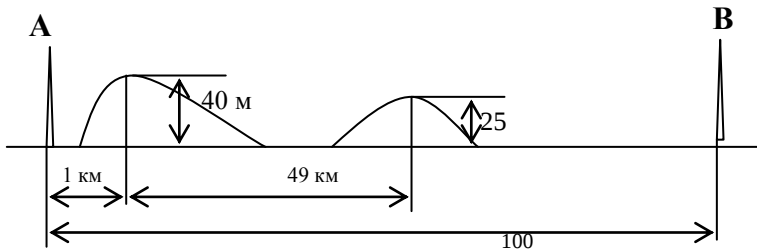
ЗАДАЧА №1

Для пролета радиорелейной линии, показанного на рисунке, без учета рефракции радиоволн в атмосфере определите минимальную высоту подвеса антенн при условиях:

Длина волны $\lambda = 10$ см.

Высоту антенн в точках А и В принять равными.

Поясните методику расчета.



ЗАДАЧА №2

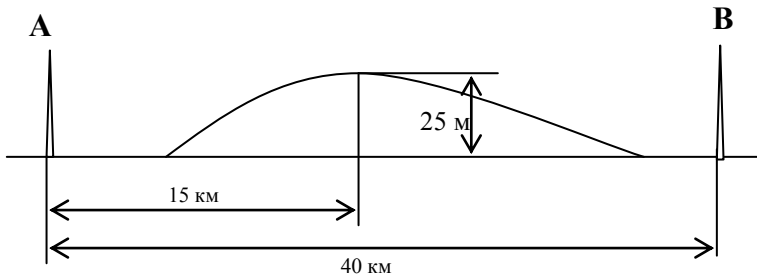
Для пролета радиорелейной линии, показанного на рисунке, определите минимальную высоту подвеса антенн при условиях:

Длина волны $\lambda = 5$ см.

Вертикальный градиент диэлектрической проницаемости $g = -8.0 \cdot 10^{-8}$ 1/м.

Высоту антенн в точках А и В принять равными.

Поясните методику расчета.



Домашнее задание

1. Проработать материал относительно расчета трасс радиорелейной связи [5].
2. Произвести расчеты в задаче №1 для длины волны 5 см.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Расчет зон покрытия по модели Окамура-Хата

Модель Окамура-Хата предназначена для предсказания уровня сигнала в больших сотах систем мобильной связи. Модель Окамуры основана на экспериментальных результатах, полученных при следующих условиях: высота подвеса антенны БС над средним уровнем квазигладкой местности 200 м. Хата обобщил результаты многочисленных экспериментальных измерений Окамуры и получил эмпирические формулы для расчета средних потерь сигнала $L_p(r, f, h_{бс}, h_{мс})$.

Мощность на входе приемника с помощью данной модели выражается

$$P_M(r, f, h_{бс}, h_{мс}) = P_{бс} + G_{БС} + G_{МС} - [L_p(r, f, h_{бс}, h_{мс}) + \eta_{бс} + \eta_{мс}].$$

Результаты расчета по модели Хата совпадают с результатами Окамуры с точностью 1 дБ в пределах так называемой «основной области», которая характеризуется диапазоном частот (150..1500) МГц, протяженностью трассы (1..20) км, высотой антенны БС (30..200)м, высотой антенны МС (1..10)м.

При $200 \text{ МГц} \leq f \leq 400 \text{ МГц}$ для «большого» города («большой город» характеризуются плотной застройкой зданиями, не менее 50% которых имеют 5 этажей и боле, а некоторые можно отнести к «небоскребам»):

$$L_p = 70,65 - 13,82 \cdot \lg(h_{бс}) + 26,16 \lg(f) - 8,29[\lg(1,54 \cdot h_{мс})]^2 + \\ + [44,9 - 6,55 \cdot \lg(h_{бс})]\lg(r),$$

где f – частота радиосигнала, МГц;

$h_{\text{бс}}$ — высота антенны базовой станции, м;

$h_{\text{мс}}$ — высота антенны мобильной станции, м;

r — расстояние между антеннами, м;

При $400 \text{ МГц} \leq f \leq 1500 \text{ МГц}$ для «большого» города:

$$L_p = 74,52 - 13,82 \cdot \lg(h_{\text{бс}}) + 26,16 \lg(f) - 3,2[\lg(11,75h_{\text{мс}})]^2 + \\ + [44,9 - 6,55 \lg(h_{\text{бс}})] \lg(r).$$

Для «среднего и малого» города («средний и малый город» характеризуется плотной застройкой зданиями, более 50% которых имеют 4-5 этажей)

$$L_p = 68,75 - 13,82 \cdot \lg(h_{\text{бс}}) + 27,72 \lg(f) - [1,11 \lg(f) - 0,7]h_{\text{мс}} + \\ + [44,9 - 6,55 \lg(h_{\text{бс}})] \lg(r).$$

Для «пригорода» («пригород» - крупный населенный пункт с низкой плотностью застройки жилых домов и хозяйственных построек высотой 3-4 этажа):

$$L_p = 63,35 - 13,82 \cdot \lg(h_{\text{бс}}) + 27,72 \lg(f) - 2[\lg(f/28)]^2 + \\ + [44,9 - 6,55 \lg(h_{\text{бс}})] \lg(r) - [1,1 \lg(f) - 0,7]h_{\text{мс}}.$$

Для «сельской местности» («сельская местность» характеризуется наличием открытых участков длиной не менее 300 м, чередующихся с 1-2 этажными домами):

$$L_p = 27,81 - 13,82 \cdot \lg(h_{\text{бс}}) + 46,05 \lg(f) - 4,78[\lg(f)]^2 + \\ + [44,9 - 6,55 \lg(h_{\text{бс}})] \lg(r) - [1,1 \lg(f) - 0,7]h_{\text{мс}}.$$

Для «открытой местности» (открытые участки местности с возможным наличием отдельно стоящих деревьев)

$$L_p = 27,81 - 13,82 \cdot \lg(h_{\text{бс}}) + 46,05 \lg(f) - 4,78[\lg(f)]^2 + \\ + [44,9 - 6,55 \lg(h_{\text{бс}})] \lg(r) - [1,1 \lg(f) - 0,7]h_{\text{мс}}.$$

С несколько большей погрешностью приведенную модель Хаты можно использовать для «расширенной области», которая характеризуется диапазоном частота (150..1800) МГц, протяженностью трассы (1..80) км, высотой подвеса мобильной станции (1..10) м.

Появление сотовых систем мобильной связи, работающих на частотах около 2 ГГц, стимулировало появление модели COST 231 Хата,

которая применяется в диапазоне (1500..2000) МГц при протяженности трассы (1..20) км, высоте антенны базовой станции (30..200) м, высоте антенны мобильной станции (1..10) м.

Для столичного города:

$$L_p = 48,5 - 13,82 \cdot \lg(h_{6c}) + 34,41\lg(f) - [1,1\lg(f) - 0,7]h_{mc} + \\ + [44,9 - 6,55\lg(h_{6c})]\lg(r).$$

Для среднего города и пригородного центра с умеренной плотностью посадки деревьев:

$$L_p = 48,5 - 13,82 \cdot \lg(h_{6c}) + 34,41\lg(f) - [1,1\lg(f) - 0,7]h_{mc} + \\ + [44,9 - 6,55\lg(h_{6c})]\lg(r).$$

Для сельской местности:

$$L_p = 9,56 - 13,82 \cdot \lg(h_{6c}) + 53,73\lg(f) - \\ - [1,1\lg(f) - 0,7]h_{mc} - 4,78[\lg(f)]^2 + [44,9 - 6,55\lg(h_{6c})]\lg(r)$$

Для открытой местности

$$L_p = 4,56 - 13,82 \cdot \lg(h_{6c}) + 53,73\lg(f) - [1,1\lg(f) - 0,7]h_{mc} - \\ - 4,78[\lg(f)]^2 + [44,9 - 6,55\lg(h_{6c})]\lg(r)$$

Модели Хата не учитывают характера местности (наклон трассы, трасса земля-вода, трасса с холмами и горами). Однако это учет может быть проведен с использованием результатов Окамуры.

Особенности коротких трасс

В горизонтальной плоскости антенны БС имеют либо круговую диаграмму направленности, либо секторную. В вертикальной плоскости для получения наибольшего коэффициента усиления у антенны БС формируется узкая диаграмма направленности.

В модели Окамуры и Хата наименьшая длина трассы выбрана равной 1 км. Это обусловлено тем, что на более коротких трассах возможно попадание МС в зону тени из-за особенностей диаграммы направленности антенны БС в вертикальной плоскости.

ЗАДАЧА №1

С использованием модели Окамуры-Хата рассчитать усредненную медианную мощность сигнала от базовой станции системы сотовой телефонии NMT на расстояниях 1 км, 3 км, 5 км, 10 км, 20 км, 30 км для «среднего» города, если высота антенны базовой станции 50 м, высота антенны мобильной станции 1.5 м. Мощность передатчика БС 4 Вт, коэффициенты усиления антенны БС 6 дБ, МС 6 дБ, потеря в фидерах для базовой и мобильной станций 1 и 0 дБ. Частота сигнала 460 МГц.

ЗАДАЧА №2

Определить зону уверенного приема сигнала от базовой станции с мощностью излучения 20 дБм, коэффициентом усиления антенны 10 дБ и высотой подвеса антенны 20 м. Потери в фидере базовой станции составляют 3 дБ. Мобильная станция имеет порог чувствительности -85 дБм. Коэффициент усиления антенны 3 дБ, потерь в фидере нету. Антенна мобильной станции находится на высоте 1.5 м. В канале возможны замирания глубиной до 30 дБ.

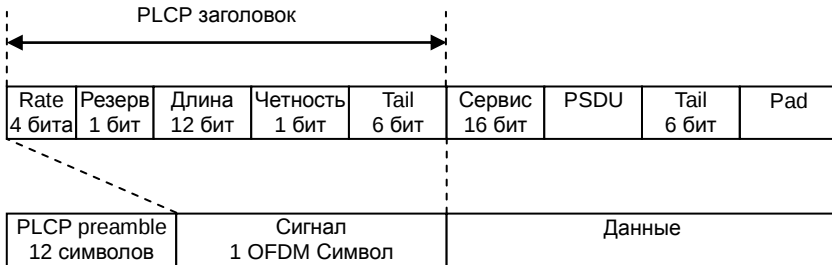
Домашнее задание

1. Проработать материал, касающийся модели распространения радиоволн в Окамуры-Хата.
2. Сравнить результаты расчетов задачи №1 практического занятия №1 для модели распространения радиоволн в свободном пространстве и согласно модели Окамуры-Хата.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**Локальные беспроводные сети Wi-Fi****Формат фрейма PLCP**

На рисунке приведен формат фрейма.

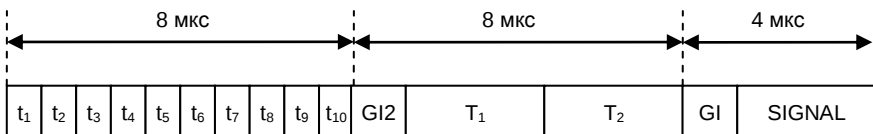
Фрейм состоит из PLCP преамбулы, PLCP заголовка и собственно данных.



Блок под названием “Сигнал” является OFDM символом передающемуся с модуляцией BPSK и скоростью кодирования $\frac{1}{2}$.

Поле Rate определяет модуляцию и скорость кодирования в поле данных. Поле Длина определяет количество байт в поле PSDU. Поле четности добавляет в заголовок 1 если предыдущее число единиц не четно и добавляет 0 если предыдущее число единиц четно.

PLCP preamble состоит из 10 коротких тренировочных последовательностей и двух длинных. Данные последовательности служат для определения частотной, временной расстройки, а также регулировки усиления приемника.



Временные соотношения в сигнале приведены в таблице

$$r_{LONG}(t) = w_{LONG}(t) \sum_{k=-N_{\pi}/2}^{N_{\pi}/2} L_k \exp(j2\pi k \Delta_F(t - T_{G12}))$$

где $T_{G12} = 1.6$ мкс.

Параметры поля скорости (Rate) приведены в таблице.

Скорость Мбит/с	Мод.	Скорость кодирования	Число бит на поднесущую	Число бит на символ	Число не кодированных бит на символ	R1-R4
6	BPSK	1/2	1	48	24	1101
9	BPSK	3/4	1	48	36	1111
12	QPSK	1/2	2	96	48	0101
18	QPSK	3/4	2	96	72	0111
24	16-QAM	1/2	4	192	96	1001
36	16-QAM	3/4	4	192	144	1011
48	64-QAM	2/3	6	288	192	0001
54	64-QAM	3/4	6	288	216	0011

Поле «Сервис» содержит 16 бит. Первые 7 бит служат для инициализации дескремблера, остальные зарезервированы.

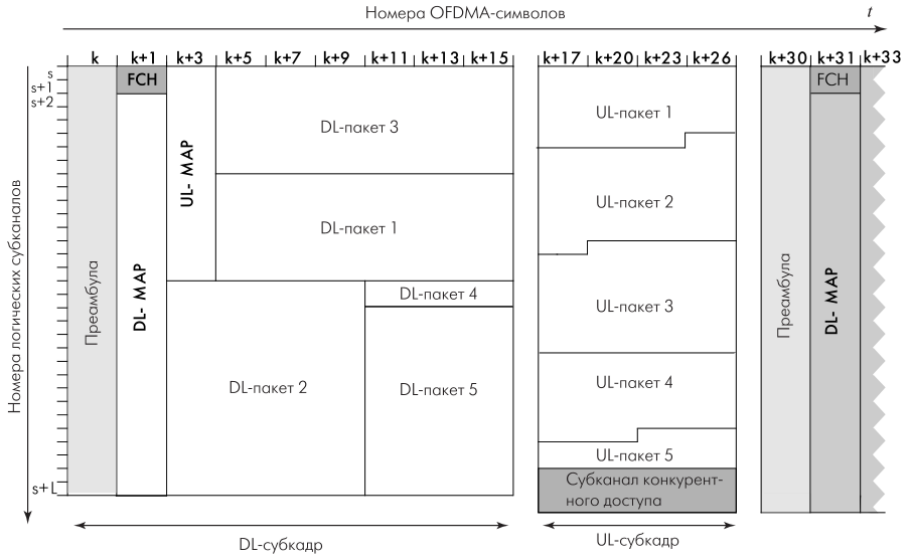
Пилотные поднесущие

В каждом OFDM символе содержится 4 пилотных сигнала с номерами -21 -7 7 21. Пилотные поднесущие модулированы BPSK.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Беспроводные сети Wi-MAX Mobile

Структура кадров OFDMA использует подразделение на восходящий и нисходящий субкадры (как временное, так и частотное). Длительность кадра может составлять 2; 2,5; 4; 5; 8; 10; 12,5 и 20 мс. Кадр - это последовательность OFDMA-символов. Каждый OFDMA-символ включает набор подканалов. Пакеты данных могут передаваться одновременно, на различных OFDMA-подканалах.



Для описания структуры кадра в OFDMA используется понятие слота - минимального ресурса для передачи данных. Слот занимает один подканал и от одного до трех последовательных OFDMA-символов. В нисходящем субкадре длительность слота - один или два символа (в режимах FUSC и PUSC, соответственно - см. далее); в восходящем субкадре длительность слота всегда равна трем OFDMA-символам.

Подканал – это набор несущих частот (как и в OFDM). Распределение несущих по подканалам, равно как и число несущих на один подканал, зависит от направления передачи и метода распределения несущих. Стандарт IEEE 802.16 описывает несколько способов распределения несущих как в нисходящем канале, так и в восходящем. Принципиально они подразделяются на FUSC (full usage of the subchannels) – полное использование подканалов передатчиком БС, и PUSC (partial usage of subchannels) – использование групп подканалов (сегментов), т.е. не всего доступного диапазона. Какие именно подканалы используются в режиме PUSC, однозначно определяют номера сегментов. В методах PUSC и FUSC (и их вариациях) одному субканалу присваиваются несущие, равномерно распределенные по всему доступному физическому каналу.

Нисходящий OFDMA - канал

В нисходящем канале первый символ - это преамбула. Несущие в символах преамбул модулируются посредством BPSK специальным псевдослучайным кодом, зависящим от используемого сегмента (в режиме PUSC) и переменной IDcell, задаваемой на MAC-уровне. В преамбуле модулируется каждая третья несущая всего канала (кроме несущих защитных интервалов и центральной), причем начальный сдвиг [0..2] задается дополнительно. Распознав тип преамбулы, абонентская станция (АС) сразу определяет значение переменной IDcell и режим работы базовой станции (БС).

За преамбулой следуют два символа, передающие заголовок кадра FCH и карту распределения полей нисходящего канала DL-MAP. Заголовок транслируется посредством QPSK со скоростью кодирования 1/2. Он содержит префикс нисходящего канала (DL Frame prefix), в котором указываются используемые сегменты и параметры карты нисходящего канала DL-MAP (длина, используемый метод кодирования и число повторений), транслируемой сразу за заголовком кадра. Также в заголовке используется флаг, установка которого означает изменение в расположении области конкурентного доступа в восходящем субкадре по отношению к предыдущему кадру.

Далее транслируется карта восходящего канала UL-MAP и нисходящие пакеты данных для разных АС.

Режим FUSC означает, что используются весь диапазон физического канала (все возможные несущие). Это 1702 несущие информационные частоты и защитный интервал (173 и 172 несущих вверху и внизу диапазона, соответственно). Центральная частота с индексом 1024 не используется.

В режиме FUSC прежде всего назначаются пилотные частоты. Они подразделяются на фиксированные и переменные. Списки тех и других приведены в стандарте. Термин "переменные пилотные частоты" означает, что в каждом четном OFDMA-символе их индексы соответствуют приведенным в документе IEEE 802.16, в каждом нечетном – увеличиваются на 6 (нумерация OFDMA-символов начинается с 0). Всего предусмотрено 166 пилотных частот, из них 24 – фиксированные. И фиксированные, и переменные пилотные частоты разбиты на два набора, одинаковых по объему. Это разбиение имеет значение только при работе с адаптивными антенными системами в режиме пространственно-временного кодирования (STC).

После определения пилотных частот оставшиеся 1536 несущих предназначены для передачи данных. Они подразделяются на Nsubchannels= 32 подканала по Nsubcarriers= 48 несущих в каждом. На

значение информационных несущих подканалам происходит в соответствии с формулой:

$$\text{subcarrier}(k, s) = N_{\text{subchannels}} n_k + \{P[(s + n_k) \bmod N_{\text{subchannels}}] + \text{IDcell}\} \bmod N_{\text{subchannels}} \quad (1)$$

где $\text{subcarrier}(k, s)$ – индекс несущей k в подканале s ,
 $s = [0 \dots N_{\text{subchannels}} - 1]$, $k = [0 \dots N_{\text{subcarriers}} - 1]$,
 $n_k = (k + 13s) \bmod N_{\text{subcarriers}}$ IDCell – идентификатор отдельного сегмента БС, определяемый на MAC-уровне (задаваемая базовой станцией целая переменная в диапазоне 0–31). $P(x)$ означает x -ый элемент последовательности перестановок $\{P\}$, приведенной в стандарте ($P = \{3, 18, 2, 8, 16, 10, 11, 15, 26, 22, 6, 9, 27, 20, 25, 1, 29, 7, 21, 5, 28, 31, 23, 17, 4, 24, 0, 13, 12, 19, 14, 30\}$). Операция $x \bmod k$ – это остаток от x/k .

Очевидно, что перед применением приведенной формулы информационные несущие должны быть перенумерованы так, чтобы их индексы укладывались в диапазон 0–1535 (последнее значение соответствует физическому индексу 1702), т.е. пронумерованы подряд, без учета пилотных частот. Поскольку в четных и нечетных символах расположение пилотных частот различно, распределение информационных несущих для них также нужно вычислять независимо.

В режиме PUSC весь доступный диапазон подразделяется на 60 подканалов. По определению, для работы используется лишь часть из них, но не менее 12. Подканалы группируются в шести сегментах, из них три базовых (сегменты 0, 1 и 2), каждый включает 12 подканалов (0–11, 20–31 и 40–51 подканалы, соответственно). Очевидно, исходя из требования минимума в 12 подканалов, не базовые сегменты могут использоваться лишь совместно с базовыми. Деление на сегменты введено, чтобы БС было проще сообщать, в каких подканалах она работает (достаточно сообщить номера сегментов).

Символ в режиме PUSC формируется по следующему принципу. Всего предусмотрено 2048 частот, из них центральная (с индексом 1024) и защитные (184 нижних и 183 верхних) не используются. Оставшиеся 1680 несущих последовательно разбивают на 120 кластеров, каждый содержит 14 несущих. После этого последовательные физические кластеры перенумеровываются в "логические" в соответствии с формулой $\text{LogicalCluster} = \text{RenumberingSequence}[(\text{PhysicalCluster} + 13 \text{ IDcell}) \bmod 120]$, где $\text{RenumberingSequence}(x)$ – соответствующий элемент приведенной в стандарте IEEE 802.16 последовательности перестановок, IDcell – определяемый на MAC - уровне идентификатор

отдельного сегмента БС (задаваемая базовой станцией целая переменная в диапазоне 0–31). Эта операция фактически означает перемежение – распределение последовательных групп несущих по всему диапазону физического канала. Далее логические кластеры разбиваются на шесть групп (0–23, 24–39, 40–63, 64–79, 80–103, 104–119), по 24 и 16 кластеров. Большие группы соответствуют большим сегментам (по умолчанию, группа 0 соответствует сегменту 0, группа 2 – сегменту 1, группа 4 – сегменту 2). В каждом кластере определяются пилотные несущие – для четных символов это 5-я и 9-я несущие, для нечетных – 1-я и 13-я.

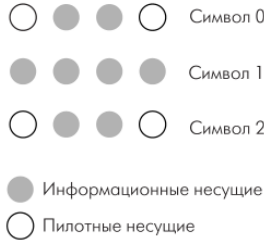


Структура кластера.

Таким образом, набору подканалов в пределах сегмента или нескольких сегментов оказывается поставленным в соответствие набор несущих (для 12 подканалов – 336 несущих, из них 24 пилотные и 288 информационных). Информационные несущие в сегменте нумеруются подряд, не учитывая пилотные частоты, после чего в соответствии с формулой (1) каждому подканалу назначаются по 24 несущих. В данном случае в формуле (1) используются значения $N_{\text{subchannels}} = 12$ или 8, $N_{\text{subcarriers}} = 24$, а также специальные перестановочные последовательности P_{12} и P_8 для сегментов из 12 и 8 каналов, соответственно (приведены в стандарте). Кроме рассмотренных методов распределения несущих, в стандарте предусмотрены и опциональные механизмы – в частности, т.н. optional FUSC, принципиально не отличающийся от рассмотренного.

Восходящий канал

Восходящий субкадр следует непосредственно за нисходящим через интервал TTG. Он содержит пакеты от абонентских станций и интервал для запроса доступа/инициализации. Минимальный размер одного сообщения в восходящем субкадре (слот) – 3 OFDMA символа в одном подканале. Это привело к появлению в документе IEEE 802.16 термина "фрагмент" (мозаичный элемент, tile).



Структура "фрагмента" восходящего канала.

Фрагмент представляет собой совокупность трех символов и четырех несущих, в котором положения пилотных частот жестко определены. Весь частотный диапазон канала (1680 несущих) разбивается на 420 последовательных фрагментов, по 4 несущих в каждом. Предусмотрено 70 подканалов. Каждый из них включает 6 фрагментов – т.е. 24 несущие на символ в одном подканале. Распределение фрагментов по подканалам происходит следующим образом. Все 420 фрагментов разбиваются на 6 групп по 70 фрагментов. В каждый подканал включается по одному фрагменту из каждой группы в соответствии с уравнением:

$$\text{Tile}(n, s) = 70n + \{P[(n + s) \bmod 70] + \text{UL_IDcell}\} \bmod 70,$$

где $\text{Tile}(n, s)$ – фрагмент n подканала s , $n = [0...5]$, $s = [0...69]$. $P(x)$ – перестановочная последовательность, UL_IDcell – переменная в диапазоне 0–69, задаваемая БС на MAC-уровне. В результате каждому подканалу в каждом символе назначается свой набор несущих.

После распределения по подканалам происходит нумерация информационных несущих в каждом слоте – всего их в трех символах 48. Информационные частоты в подканале нумеруются начиная с наименьшей несущей фрагмента с наименьшим индексом – сначала в первом символе, затем во втором и третьем. Затем информационные несущие в каждом слоте перенумеровываются в соответствии с формулой $\text{subcarrier}(n, s) = (n + 13s) \bmod 48$, где s – номер подканала, $n = [0...47]$ (т.е. происходит циклический сдвиг нумерации информационных несущих на $13s$ в каждом подканале s).

Отметим, что в тексте документа IEEE 802.16 происходит подмена терминов: подканалом в восходящем субкадре авторы текста IEEE 802.16 называют именно слот, информационную структуру размером 24 несущих на 3 символа. И когда в документе написано, что в субканале 48 информационных несущих, следует помнить, что с точки зрения правильной терминологии речь идет не о субканале, а о слоте. Реальных же несущих (т.е. физических частот) в субканале всего 24. Умножая их

на 3 (число OFDMA-символов в слоте) и вычитая 24 пилотные несущие, как раз и получим 48 информационных несущих.

Литература

1. ГОСТ Р.53363-2009. Цифровые радиорелейные линии. Показатели качества. Методы расчета. – М. Стандартинформ, 2010.
2. Прокис Дж. Цифровая связь. –М. :Радио и связь, 2000 -797 с.
3. Василенко Г.О., Милютин Е.Р. Расчет показателей качества и готовности цифровых радиорелейных линий связи. – СПб.: Издательство «Линк», 2007.
4. Волков Л.Н. и др. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебное пособие. М.: Эко – Трендз, 2005.
5. Fundamentals of WiMax: understanding broadband wireless networking/ Jffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Ria Muyamed. 2007, 449 p.
6. Шахнович И. Сети городского масштаба: решения рабочей группы IEEE 802.16 – в жизнь! – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2003, №8.
7. Шахнович И. Стандарт широкополосного доступа IEEE 802.16 для диапазонов ниже 11 ГГц. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2005, №1.
8. IEEE Std IEEE 802.16?2004 (Revision of IEEE Std IEEE 802.16 2001). IEEE Standard for Local and metropolitan area networks. Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems. – IEEE, 1 October 2004.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «Сети радиодоступа» для студентов
направления подготовки

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)

«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных
системах и сетях»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	9
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА	12
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	13
4. ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛИТЕРАТУРЫ	14
5. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕСТЫ ДЛЯ САМОТЕСТИРОВАНИЯ, ПОДГОТОВКИ К ТЕСТИРОВАНИЮ	18
6. КОМПЛЕКТ РАЗНОУРОВНЕВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ	22
7. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ	28

ВВЕДЕНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся набора компетенций, позволяющих обеспечить:

- способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень и самостоятельного изучения новых принципов построения и функционирования сетей систем и радиодоступа и методов их исследования;
- способность самостоятельного приобретения с помощью информационных технологий и использования в практической деятельности новых знаний и умений в области сетей и систем радио-доступа;
- способность на практике применять стандарты сетей и систем радиодоступа по вопросам: назначения, распределения и использования радиочастотного спектра наиболее эффективным образом; планирования, назначения и учету рабочих частот; выдачи разрешений на использование частот и контролю их осуществления.

Задачи освоения дисциплины:

- 1) изучение основ построения абонентского радиointерфейса, интерфейса с сетями общего пользования и применения пространственной обработки в системах радиодоступа;
- 2) изучение стандартов локальных и городских сетей и систем радиодоступа;
- 3) изучение сетей и систем радиодоступа к телефонной сети общего доступа, радиотелефонной связи, персональных сетей радиодоступа;
- 4) изучение организации управления системами беспроводного радиодоступа и обеспечения их безопасности, а также применение систем радиодоступа в телекоммуникационных системах.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Сети радиодоступа» относится к части «Дисциплины (модули) по выбору 5 (ДВ.5)», Б1.В.ДВ.05.01. Ее освоение происходит в 8 семестре.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1. Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	ИД-ЗПК-1. анализирует статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных, разрабатывает мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполняет расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций.	Анализирует статистику основных показателей эффективности сетей радиодоступа, разрабатывает мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполняет расчет пропускной способности сетей радиодоступа.
ПК-3. Способен проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфо-коммуникаций в	ИД-2ПК-3 оперирует технологиями, используемыми на	Применяет современные требования по производительности,

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	транспортной сети, современными требованиями по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости систем связи (телекоммуникаций); принципами планирования емкости сетей радиодоступа.	доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости сетей радиодоступа; принципы планирования емкости сетей радиодоступа.
	ИД-3пк-3 проводит расчеты параметров и характеристик сети и средств инфокоммуникаций, анализирует их качественные показатели на основе данных статистики и радиоизмерений, использует специализированное программное обеспечение для проектирования.	Проводит расчеты параметров и характеристик сетей радиодоступа, анализирует их качественные показатели на основе данных статистики и радиоизмерений, использует специализированное программное обеспечение для проектирования сетей радиодоступа.
	ИД-4пк-3 выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивает риски, связанные с реализацией проекта.	Анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений сетей радиодоступа, оценивает риски, связанные с реализацией проекта.
ПК-4. Способен осуществлять подготовку типовых технических проектов и первичный контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации на различные инфокоммуникационные объекты национальным и международным стандартам и техническим регламентам	ИД-1пк-4 соблюдает принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций), средств инфокоммуникаций и их компонентов, требования к разработке технической документации.	Соблюдает принципы системного подхода в проектировании сетей радиодоступа.
	ИД-2пк-4 знает принципы построения и работы средств инфокоммуникаций и их компонентов, современные технические решения по	Изучает принципы построения и работы сетей радиодоступа, современные технические решения по реализации сетей радиодоступа.

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
	реализации систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, используемое программное обеспечение	

4. Объем учебной дисциплины (модуля) и формы контроля

Объем занятий: всего: 3 з.е. 81 астр.ч.	ОФО, в астр. часах
Контактная работа:	48
Лекции/из них практическая подготовка	24 / -
Лабораторных работ/из них практическая подготовка	24 / 24
Практических занятий/из них практическая подготовка	- / -
Самостоятельная работа	33
Формы контроля	
Экзамен	
Зачет	
Зачет с оценкой	2
Расчетно-графические работы	
Курсовые работы	
Контрольные работы	

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	очная форма			
			Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	

1	Общие сведения о сетях и системах радиодоступа.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	1,5 / -		1,5/1,5	9,0
2	Основы построения радиоинтерфейса систем радиодоступа.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	1,5 / -		1,5/1,5	3,0
3	Абонентские интерфейсы.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	3,0 / -		3,0/3,0	3,0
4	Персональные сети радиодоступа.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	3,0 / -		3,0/3,0	3,0
5	Стандарты беспроводных сетей и систем радиодоступа.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	3,0 / -		3,0/3,0	3,0
6	Применение пространственной обработки сигналов в системах радиодоступа.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	3,0 / -		3,0/3,0	3,0

7	Управление системами беспроводного доступа.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	3,0 / -		3,0/3,0	3,0
8	Безопасность систем беспроводного доступа.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	3,0 / -		3,0/3,0	3,0
9	Сверхширокополосные технологии в системах радиодоступа.	ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	3,0 / -		3,0/3,0	3,0
	ИТОГО за семестр		24		24	33
	ИТОГО					

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код оцениваемой компетенции, индикатора (ов)	Этап формирования компетенции (№ темы) (в соответствии с рабочей программой дисциплины)	Средства и технологии оценки	Вид контроля, аттестация (текущий/промежуточный)	Тип контроля (устный, письменный или с использованием технических средств)	Наименование оценочного средства
8 семестр					
ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	Темы № 1–9	Собеседование, оценка ответов по вопросам заданных тем	текущий	устный	вопросы для собеседования
ПК-1 ИД-3 _{ПК-1} ПК-3 ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3} ИД-4 _{ПК-3} ПК-4 ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	Темы № 1–9	Зачетное задание (контрольная точка), выполнение индивидуальных (групповых) заданий из лабораторных работ	текущий	письменный	комплект разноуровневых заданий

2. Описание показателей и критериев оценивания на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Уровни сформированности компетенций, индикаторов	Дескрипторы			
	Минимальный уровень не достигнут (Неудовлетворительно) 2 балла	Минимальный уровень (удовлетворительно) 3 балла	Средний уровень (хорошо) 4 балла	Высокий уровень (отлично) 5 баллов
Компетенция: ПК-1				
ИД-3ПК-1. анализирует статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных, разрабатывает мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполняет расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций	Не может выполнить задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет на репродуктивном уровне задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет в стандартных ситуациях задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, допуская незначительные ошибки	Выполняет в полном объеме задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, в том числе в нестандартных ситуациях

Компетенция: ПК-3				
ИД-2ПК-3 оперирует технологиями, используемыми на транспортной сети, современными требованиями по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости систем связи (телекоммуникаций); принципами планирования емкости сетей радиодоступа	Не может выполнить задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет на репродуктивном уровне задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет в стандартных ситуациях задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, допуская незначительные ошибки	Выполняет в полном объеме задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, в том числе в нестандартных ситуациях
ИД-3ПК-3 проводит расчеты параметров и характеристик сети и средств инфокоммуникаций, анализирует их качественные показатели на основе данных статистики и радиоизмерений, использует специализированное программное обеспечение для проектирования.	Не может выполнить задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет на репродуктивном уровне задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет в стандартных ситуациях задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, допуская незначительные ошибки	Выполняет в полном объеме задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, в том числе в нестандартных ситуациях
ИД-4ПК-3 выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивает риски, связанные с реализацией проекта	Не может выполнить задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет на репродуктивном уровне задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет в стандартных ситуациях задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, допуская незначительные ошибки	Выполняет в полном объеме задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, в том числе в нестандартных ситуациях
Компетенция: ПК-4				
ИД-1ПК-4 соблюдает принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций), средств	Не может выполнить задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет на репродуктивном уровне задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет в стандартных ситуациях задачи, относящиеся к данному индикатору достижения	Выполняет в полном объеме задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции,

инфокоммуникаций и их компонентов, требования к разработке технической документации			компетенции, допуская незначительные ошибки	в том числе в нестандартных ситуациях
ИД-2пк-4 знает принципы построения и работы средств инфокоммуникаций и их компонентов, современные технические решения по реализации систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, используемое программное обеспечение	Не может выполнить задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет на репродуктивном уровне задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции	Выполняет в стандартных ситуациях задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, допуская незначительные ошибки	Выполняет в полном объеме задачи, относящиеся к данному индикатору достижения компетенции, в том числе в нестандартных ситуациях

Описание шкалы оценивания

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля.

Текущий контроль

Рейтинговая оценка знаний студента (в случаях, предусмотренных нормативными актами СКФУ).

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
8 семестр			
1	Зачетное занятие по ЛР № 1–3 с проверкой выполнения разноуровневых индивидуальных заданий.	7	12
2	Зачетное занятие по ЛР № 4–6 с проверкой выполнения разноуровневых индивидуальных заданий.	13	18
3	Зачетное занятие по ЛР № 7–10 с проверкой выполнения разноуровневых индивидуальных заданий. Собеседование по результатам самостоятельного изучения литературы.	17	25
	Итого за 8 семестр:		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
--	---

<i>Отличный</i>	100
<i>Хороший</i>	80
<i>Удовлетворительный</i>	60
<i>Неудовлетворительный</i>	0

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме экзамена предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры и оценивается 40 баллами из 100. Положительный ответ студента на экзамене оценивается рейтинговыми баллами в диапазоне от **20** до **40** ($20 \leq S_{\text{экз}} \leq 40$), оценка **меньше 20** баллов считается неудовлетворительной.

Шкала соответствия рейтингового балла экзамена 5-балльной системе

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
35 – 40	Отлично
28 – 34	Хорошо
20 – 27	Удовлетворительно

Итоговая оценка по дисциплине, изучаемой в одном семестре, определяется по сумме баллов, набранных за работу в течение семестра, и баллов, полученных при сдаче экзамена:

*Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине
в оценку по 5-балльной системе*

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
88 – 100	Отлично
72 – 87	Хорошо
53 – 71	Удовлетворительно
< 53	Неудовлетворительно

3. Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он выполняет в полном объеме прикладные практические задачи профессиональной деятельности в области сетей и систем радиодоступа, определяет общие принципы функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств сетей и систем радиодоступа, определяет архитектуры аппаратных, программных и программно-аппаратных средств сетей и систем радиодоступа, использует стандарты в области телекоммуникаций для программно-конфигурируемых сетей и систем радиодоступа, применяет методы теоретических и экспериментальных исследований с использованием компьютерного моделирования, выполнения технических расчетов с применением средств вычислительной техники для сетей и систем радиодоступа, использует принципы функционирования сетей и систем радиодоступа, определяет состояние и перспективы развития сетей и систем радиодоступа, разрабатывает предложения по модернизации аппаратных, программно-аппаратных и программных технических средств для сетей и систем радио-доступа.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он выполняет прикладные практические задачи профессиональной деятельности в области сетей и систем радиодоступа, определяет общие принципы функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств сетей и систем радиодоступа, определяет архитектуры аппаратных, программных и программно-аппаратных средств сетей и систем радиодоступа, использует стандарты в области телекоммуникаций для программно-конфигурируемых сетей и систем радиодоступа, применяет методы теоретических и экспериментальных исследований с использованием компьютерного моделирования, выполнения технических расчетов с применением средств вычислительной техники для сетей и систем радиодоступа, использует

принципы функционирования сетей и систем радиодоступа, определяет состояние и перспективы развития сетей и систем радиодоступа, разрабатывает предложения по модернизации аппаратных, программно-аппаратных и программных технических средств для сетей и систем радио-доступа.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он с трудом выполняет прикладные практические задачи профессиональной деятельности в области сетей и систем радиодоступа, определяет общие принципы функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств сетей и систем радиодоступа, определяет архитектуры аппаратных, программных и программно-аппаратных средств сетей и систем радиодоступа, использует стандарты в области телекоммуникаций для программно-конфигурируемых сетей и систем радиодоступа, применяет методы теоретических и экспериментальных исследований с использованием компьютерного моделирования, выполнения технических расчетов с применением средств вычислительной техники для сетей и систем радиодоступа, использует принципы функционирования сетей и систем радиодоступа, определяет состояние и перспективы развития сетей и систем радиодоступа, разрабатывает предложения по модернизации аппаратных, программно-аппаратных и программных технических средств для сетей и систем радио-доступа.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если он не выполняет прикладные практические задачи профессиональной деятельности в области сетей и систем радиодоступа, определяет общие принципы функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств сетей и систем радиодоступа, определяет архитектуры аппаратных, программных и программно-аппаратных средств сетей и систем радиодоступа, использует стандарты в области телекоммуникаций для программно-конфигурируемых сетей и систем радиодоступа, применяет методы теоретических и экспериментальных исследований с использованием компьютерного моделирования, выполнения технических расчетов с применением средств вычислительной техники для сетей и систем радиодоступа, использует принципы функционирования сетей и систем радиодоступа, определяет состояние и перспективы развития сетей и систем радиодоступа, разрабатывает предложения по модернизации аппаратных, программно-аппаратных и программных технических средств для сетей и систем радио-доступа.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55**. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими лабораторные работы по дисциплине, в следующих формах:

— собеседование по результатам самостоятельного изучения и конспектирования литературы;

— выполнение разноуровневых заданий.

При подготовке к контрольной точке в ходе лабораторных работ студент должен:

— оформить отчет по лабораторной работе с выполненными разноуровневыми индивидуальными заданиями;

— подготовиться к ответам на вопросы собеседования по результатам самостоятельного изучения литературы.

Защита контрольной точки осуществляется путем собеседования студента с преподавателем. При собеседовании студент представляет на проверку отчет по практическому занятию. Собеседование со студентом, претендующим на оценку «отлично», проводится по вопросам и практическим заданиям повышенного уровня обучения.

Критерии оценивания результатов самостоятельной работы по курсу «Радиосистемы передачи информации» приведены в Фонде оценочных средств по дисциплине.

**ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ
ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛИТЕРАТУРЫ**
8 семестр

Базовый уровень:

1. Классификация АССиПД по зоне обслуживания. Сети WMAN.
2. Классификация АССиПД по зоне обслуживания. Сети WLAN
3. Классификация АССиПД по зоне обслуживания. Сети WPAN
4. Классификация АССиПД по зоне обслуживания. Сети WBAN
5. Классификация АССиПД по топологии сети связи. Спутниковые системы АССиПД.
6. Классификация АССиПД по топологии сети связи. Транкинговые системы АССиПД.
7. Классификация АССиПД по топологии сети связи. Сотовые системы АССиПД.
8. Классификация АССиПД по топологии сети связи. Децентрализованные АССиПД.
9. 0G: предшественники мобильных сетей связи
10. 1G: 1-е поколение мобильных сетей связи (аналоговая связь)
11. 2G: 2-е поколение мобильных сетей связи (цифровая связь)
12. Промежуточные поколения - 2,25 G; 2,5 G; 2,75G.
13. Поколения 3G и 3G+ - интегрированные беспроводные сети.
14. Поколение сверхширокополосного доступа - 3,9G; 4G.
15. Перспективные конвергентные сети связи - 5G.
16. Технологии множественного доступа в сеть. Пространственное разделение каналов (SDMA).
17. Технологии множественного доступа в сеть. Частотное разделение каналов (FDMA).
18. Технологии множественного доступа в сеть. Временное разделение каналов (TDMA).
19. Технологии множественного доступа в сеть. Кодовое разделение каналов (CDMA).
20. Системы конкурентного доступа к среде. Метод доступа к линии связи Pure ALOHA.
21. Системы конкурентного доступа к среде. Метод доступа к линии связи S-ALOHA.
22. Системы конкурентного доступа к среде. Методы избежания коллизий CSMA-CD и CSMA-CA.
23. Модель распространения радиоволн в свободном пространстве.
24. Зоны распространения радиоволн. Структура ближней и дальней зон распространения.
25. Зоны Френеля как дополнительные условия к LOS.
26. Основные механизмы распространения радиоволн в NLOS.
27. Модели распространения радиоволн в NLOS. Основные положения расчета дальности связи.

Повышенный уровень:

1. Модели замираний. Медленные замирания.
2. Логонормальная модель затуханий.
3. Рэлеевская модель затуханий.
4. Райсовая модель затуханий.
5. Модели замирания Накагами-m
6. Эффект Доплера.
7. Многолучевое распространение.
8. Основы частотно-территориального планирования. Типы формирования зон обслуживания.
9. Определение площади зоны покрытия.
10. Использование секторного покрытия.
11. Преобразование аналоговых процессов в цифровую форму. Классификация типов сигналов.

12. Дискретизация непрерывного сигнала. Квантование сигнала.
13. Правомерность представления аналогового сигнала в цифровой форме. Спектральная (частотная) форма представления сигнала.
14. Теорема Котельникова
15. Импульсно-кодовая модуляция. Сигналы ИКМ.
16. М-арные импульсно-модулированные сигналы.
17. Относительная модуляция.
18. Высокочастотная (полосовая) модуляция. Модуляция по синусоидальной несущей.
19. Визуальные форматы представления модулированного сигнала. Сигнальное созвездие.
20. Визуальные форматы представления модулированного сигнала. Глазковая диаграмма.
21. Двоичная фазовая манипуляция ФМ-2 (BPSK)
22. Квадратурная фазовая манипуляция - ФМ-4 (QPSK)
23. Квадратурная амплитудная модуляция - КАМ (QAM)
24. Частотная манипуляция М-й степени (М-FSK)
25. Частотная манипуляция с минимальным сдвигом
26. Принципы модуляции с несколькими несущими (FDM)
27. Сети связи стандарта GSM
28. Обобщенная топология GSM-сетей
29. Сравнение сетей связи стандарта WMAN
30. Основные особенности и поколения сетей WiFi
31. Сенсорные сети WLAN - IEEE 802.15.4 (ZigBee)
32. Сети WPAN-802.15.1 - группа стандартов Bluetooth
33. Сети WBAN - IEEE 802.15.6

Критерии оценивания компетенций:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, при этом показана совокупность осознанных знаний по теме дисциплины, доказательно раскрыты основные положения вопроса; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий. Ответ изложен литературным языком с использованием технической терминологии. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. Ситуационная задача по теме решена правильно.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием технической терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. Ситуационная задача по теме решена правильно, но при ее решении допущено не более одной ошибки.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент дал недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Ситуационная задача по теме решена правильно, но при ее решении допущено не более двух ошибок.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса

с другими вопросами темы. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента, или ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказался от ответа. Ситуационная задача по теме решена неправильно.

Описание шкалы оценивания

Оценка за ответы на вопросы в ходе собеседования определяется в соответствии с таблицей.

Оценка	Оценка за теоретический вопрос базового уровня	Оценка за теоретический вопрос повышенного уровня	Примечание
отлично	Отлично (хорошо)	Отлично	Оценка хорошо допускается только по вопросу базового уровня
хорошо	Хорошо (удовлетворительно)	Хорошо	Оценка удовлетворительно допускается только по вопросу базового уровня
удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	
неудовлетворительно	По одному или двум вопросам получена оценка неудовлетворительно		

Согласно рейтинговой системы текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по двум теоретическим вопросам из числа перечисленных. Один вопрос относится к базовому уровню, а второй – к повышенному. В ходе собеседования студент имеет право пользоваться собственным конспектом.

Предлагаемые студенту вопросы позволяют проверить профессиональные компетенции ПК-1, ПК-3, ПК-4. Принципиальные отличия заданий базового уровня от повышенного заключаются в сложности вопросов по уровню обученности «понимание».

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо 33 часа в 8-м семестре. Студент должен подготовить письменные ответы на перечисленные теоретические вопросы в виде конспекта учебного материала и на их основании подготовиться к указанным в методических материалах вопросам для обсуждения.

При проверке задания, оцениваются активное участие в работе; уверенное владение материалом; умение четко и логично излагать свои мысли; умение творчески подходить к решению основных вопросов темы; самостоятельность мышления, полное соответствие

конспекта установленным требованиям; амостоятельная устная речь, полностью раскрывающая суть суть проблематики собеседования.

Оценочный лист

№ п/п	Фамилия, имя студента.	Вид работы						Итог
		Работа с дополните льными источника ми информаци и	Ответы на промежу точные вопросы	Логика и научнос ть изложе ния	Формулир ование выводов и доказатель ств	Выступл ение с результат ами работы	Участие в дискуссии , умение вести диалог	
1								
2								
...								

КОМПЛЕКТ РАЗНОУРОВНЕВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ

8 семестр

Базовый уровень:

1. Оцените возможность работы канала связи длиной 2 км между точкой доступа DAP-3310 и беспроводным клиентом с адаптером DWA-182 на максимальной скорости, поддерживаемой беспроводной сетью (300 Мбит/с). Устройства работают на 6 канале (центральная частота 2437 МГц).
2. Определите максимальное расстояние, на котором линия связи между DAP-3310 и DWA-182 будет стабильно работать в обоих направлениях при скоростях передачи 300 Мбит/с и 1 Мбит/с.
3. Вычислите минимальную высоту установки антенн, чтобы 60% первой зоны Френеля было свободно от препятствий. Расстояние между антеннами равно 2 км. Передача ведется в диапазоне 2,4 ГГц на 6 канале (2437 МГц).
4. Определите потери в свободном пространстве на линии связи между точкой доступа и клиентским устройством стандарта 802.11n, работающими на 7 канале (центральная частота 2442 МГц). Расстояние между устройствами – 100 м.
5. Определите потери в свободном пространстве на линии связи между точкой доступа стандарта 802.11n и точкой доступа стандарта 802.11ac, работающими на 64 канале (центральная частота 5320 МГц). Расстояние между устройствами – 200 м.
6. Вычислите радиус первой зоны Френеля. Расстояние между антеннами 15 км. Расстояние от антенны передатчика до самой высшей точки предполагаемого препятствия – 7 км. Передача ведется в диапазоне 2,4 ГГц на 6 канале (центральная частота 2437 МГц).

Повышенный уровень:

1. Вычислите минимальную высоту установки антенн, чтобы 80% первой зоны Френеля было свободно от препятствий. Расстояние между антеннами равно 4 км. Передача ведется в диапазоне 5 ГГц на 36 канале (центральная частота 5480 МГц).
2. Определите максимальное расстояние, на котором линия связи между DAP-2310 и DWA-160 будет стабильно работать в обоих направлениях при скоростях передачи 300 Мбит/с и 1 Мбит/с.
3. Определите максимальное расстояние, на котором линия связи между DAP-2660 и DWA-182 будет стабильно работать в обоих направлениях на максимальной скорости, поддерживаемой беспроводной сетью. Передача ведется в диапазоне 5 ГГц.

4. Оцените возможность работы канала связи длиной 7 км между точкой доступа DAP-3662 и беспроводным клиентом с адаптером DWA-182 на минимальной скорости, поддерживаемой беспроводной сетью. Устройства работают на 3 канале (центральная частота 2422 МГц). Если энергетический потенциал линии связи окажется недостаточным, подберите другие устройства (точки доступа, антенны), которые обеспечат стабильную связь на расстоянии 7 км.

Критерии оценивания:

Критерии оценивания компетенций:

Оценка «отлично» выставляется, если студент продемонстрировал высокое умение применять полученные знания на практике через выполнение конкретного задания повышенного уровня, свободно без затруднений справился с поставленной задачей, показав владение разносторонними приемами и навыками ее выполнения, не допустил ошибок и неточностей.

Оценка «хорошо» выставляется, если студент продемонстрировал умение применять полученные знания на практике через решение конкретного задания повышенного уровня, справился с поставленной задачей, показав владение необходимыми приемами и навыками ее выполнения, при этом допустил не более одной ошибки, исправленной после указания преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент продемонстрировал посредственное умение применять полученные знания на практике через решение конкретного задания повышенного уровня, с трудом справился с поставленной задачей, при этом допустил не более двух ошибок, исправленных после указания преподавателя, либо успешно выполнил задание базового уровня.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент не продемонстрировал умение применять полученные знания на практике через решение конкретного задания базового уровня, не справился с поставленной задачей или допустил при ее выполнении серьезные ошибки.

Описание шкалы оценивания

Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя:

— представление оформленного отчета по лабораторной работе с выполненными разноуровневыми заданиями;

— защиту путем выполнения указанного преподавателем разноуровневого задания, причем уровень выполняемого задания определяется студентом самостоятельно.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить профессиональные компетенции ПК-1, ПК-3, ПК-4.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию студенту отводится в 8 семестре 33 часа в рамках его самостоятельной работы.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования отчетом по лабораторной работе.

Оценочный лист

№ п/п	Фамилия, имя студента.	Вид работы						Итог
		Владение методикой выполнение задания	Правильно сть схемотехн ического моделиров ания	работосп особност ь устройст ва	Точность измерений и правильност ь расчетов параметров и характерист ик	Правильно сть оформлени я схем, графиков характерис тик	Формулиро вание выводов, их соответстви е теории	
1								
2								
...								