

Міністерство освіти і науки України  
Державний Університет телекомунікацій  
**Фонд кваліфікаційних завдань для лабораторних занять з дисци-  
пліни «Системи безпроводового широкосмугового доступу»**

**Програму рекомендовано  
Кафедрою Радіотехнологій**

**Протокол № \_\_\_\_\_**

**Від «\_» \_\_\_\_\_ 2015 р.**

**Завідуючий кафедрою:**

**Сійко В.Г.**

## Лабораторне завдання № 1

### Расчет мощности шума на входе приемника

Мета завдання: Оволодіти методикою визначення потужності шуму на вході приймача каналу зв'язку

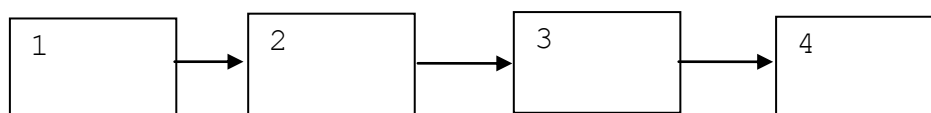
Навчальний час: 2 години.

#### Зміст заняття

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Вступна частина   | - 5хв.  |
| 2. Перевірка виконання завдання до самостійних занять  | -10хв.  |
| 3. Проведення колоквиуму<br>10хв.  | -       |
| 4. Дослідження залежності коефіцієнта передачі вхідних пристроїв від частоти настройки та виду зв'язку з антеною | - 10хв. |
| 5. Аналіз впливу вузлів лінійного тракту на значення ЕШТ та потужності шуму в смузі сигналу.<br>30хв.            | -       |
| 6. Дослідження впливу дисипативного вхідного пристрою на ЕШТ тракту<br>30хв.                                     | -       |
| 7. Заключна частина  | - 5 хв. |

#### Задача 1

Рассчитать для приемного тракта:



- 1) Значение ЭШТ входа
- 2) Мощность шума на входе ( $P_{ш\_вх}$ ) в полосе 2,5МГц
- 3) Выразить  $P_{ш\_вх}$  в Вт, дБВт, дБм

Для значений характеристик узлов

№ узла	1 узел	2 узел	3 узел	4 узел
$K_{пер}$	- 0,5 дБ	20дБ	-10 дБ	30дБ
ЭШТ		100К	1500К	300К
№ узла	1 узел	2 узел	3 узел	4 узел
$K_{пер}$	0дБ	10дБ	-10 дБ	30дБ
ЭШТ		300К	1500К	300К

№ узла	1 узел	2 узел	3 узел	4 узел
$K_{пер}$	-1 дБ	30дБ	-10 дБ	30дБ
ЭШТ		100К	2500К	500К
№ узла	1 узел	2 узел	3 узел	4 узел
$K_{пер}$	-0,3 дБ	20дБ	-10 дБ	30дБ
ЭШТ		500К	1500К	300К
№ узла	1 узел	2 узел	3 узел	4 узел
$K_{пер}$	-3 дБ	30дБ	-10 дБ	30дБ
ЭШТ		100К	2500К	500К
№ узла	1 узел	2 узел	3 узел	4 узел
$K_{пер}$	0дБ	10дБ	-10 дБ	30дБ
ЭШТ		300К	1500К	300К
№ узла	1 узел	2 узел	3 узел	4 узел
$K_{пер}$	- 0,5 дБ	20дБ	-10 дБ	30дБ
ЭШТ		100К	1500К	300К
№ узла	1 узел	2 узел	3 узел	4 узел
$K_{пер}$	- 4 дБ	20дБ	-10 дБ	30дБ
ЭШТ		100К	1500К	300К

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Вплив параметрів вхідних вузлів лінійного тракту на якість передачі.
2. Як вирахувати вклад в шум тракту дисипативного вузла на вході тракту.
3. Як вирахувати вклад в шум тракту дисипативного вузла в тракті.
4. Вплив коефіцієнтів передачі складових вузлів приймального тракту на ЕШТ тракту.

### Лабораторне заняття №2

#### Розрахунок смуги пропускання трактів цифрового каналу зв'язку

Мета заняття: Оволодіти методикою оцінки необхідної смуги пропускання каналу передачі цифрового потоку.

#### ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ:

- |                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 1. Вступна частина              | - 5хв. |
| 2. Вирішення поставленої задачі | -50хв. |
| 3. Обговорення результатів      | -30хв. |
| 4. Оцінювання результатів       | -10хв. |
| 5. Заключна частина             | -5хв.  |

#### Задача 2

Рассчитать полосу пропускания тракта для:

bit rate	1Мбитс	15Мбит/с	10Мбит/с	0,5Мбит/с
----------	--------	----------	----------	-----------

Модуляція	QPSK	КАМ-64	КАМ-16	КАМ-256
Коефіцієнт скруглення	0,15	0,3	0,25	0,15
Кодирование	каскадное (сверточное $\frac{1}{2}$ ; + PC 188/204)	каскадное (сверточное $\frac{5}{6}$ + PC 188/204)	каскадное (сверточное $\frac{3}{4}$ ; + PC 188/204)	каскадное (сверточное $\frac{3}{4}$ ; + PC 188/204)
bit rate	15Мбит/с	0,5Мбит/с;	10Мбит/с	25Мбит/с
Модуляція	КАМ-16;	КАМ-256	КАМ-16	КАМ-64
Коефіцієнт скруглення	0,15;	0,15	0,15	0,25
Кодирование	(сверточное $\frac{5}{6}$ ; + PC 188/204);	(сверточное $\frac{5}{6}$ ; + PC 188/204);	(сверточное $\frac{3}{4}$ ; + PC 188/204)	(сверточное $\frac{3}{4}$ ; + PC 188/204)

## I. ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНИХ ЗАНЯТЬ

1. Повторити теоретичний матеріал до теми лабораторного заняття

### 2. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які каскади радіоприймача і чому найбільше впливають на його чутливість.
2. Якими видами чутливості оцінюють радіоприймачі? Дати їх визначення.
3. Які засоби забезпечують високу чутливість радіоприймача?
4. Які канали прийому звуться побічними? Дати їх визначення.
5. Якими засобами забезпечується висока вибірковість за побічними каналами прийому?
6. Визначити поняття перетворень частоти “вниз” і “вгору”. Коли доцільно застосовувати те або інше перетворення?

### Лабораторна робота №3

#### Расчет энергии на бит и на символ

Мета заняття: Оволодіти методикою оцінки необхідної смуги пропускання каналу передачі цифрового потоку.

#### ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ:

- |                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 6. Вступна частина              | - 5хв. |
| 7. Вирішення поставленої задачі | -50хв. |
| 8. Обговорення результатів      | -30хв. |
| 9. Оцінювання результатів       | -10хв. |
| 10. Заключна частина            | -5хв.  |

#### Задача 3

Рассчитать энергию на бит и на символ для:

битовый поток	100 Мбит/с	10Мбит/с	150Мбит/с	100Мбит/с	1Мбит/с	150Мбит/с
модуляция	КАМ-64	КАМ-64	КАМ-128	КАМ-64	ФМ-4	КАМ-256
Мощность	100Вт	5Вт	20Вт	50Вт	10Вт	100Вт

**Мета заняття: Оволодіти поняттями «енергія на біт та на символ».**  
Зміст заняття

Вступна частина	- 5хв.
Вирішення поставленої задачі	-50хв.
Обговорення результатів	-30хв.
Оцінювання результатів	-10хв.
Заключна частина -	- 5хв.

### **I. ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНИХ ЗАНЯТЬ**

1. Повторити теоретичний матеріал до теми лабораторного заняття [1], .

#### Лабораторне завдання №4

#### **Розрахунок динамічного діапазону приймального тракту**

Мета роботи: оволодіти поняттями динамічного діапазону та методиками вимірювання різними методами.

Зміст заняття:

1. Вступна частина —  
5хв
2. Перевірка виконання завдання до самостійних занять — 5хв
3. дослідження динамічного діапазону тракту  
односигнальним методом —  
35хв
4. дослідження динамічного діапазону тракту двохсигнальним методом -35хв
5. Заключна частина — 5хв

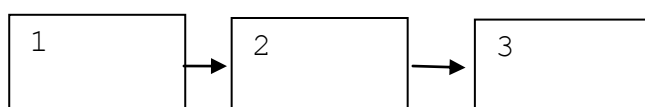
Задача 4.

Линейный тракт (ЛТ) состоит из узлов:

1 –  $T_{ш}=100\text{К}$ ;  $K_{п}=40\text{дБ}$ ;

2–  $T_{ш}=500\text{К}$ ;  $K_{п}=20\text{дБ}$ ;

3–  $T_{ш}=1000\text{К}$ ;  $K_{п}=40\text{дБ}$ ; Частотный диапазон – 4000...4020 МГц



Модуляция в канале связи – КАМ-64, кодирование отсутствует  
 $B_{er} \leq 10^{-6}$

Верхняя граница динамического диапазона узлов по односигнальному методу:  
 $10^{-6}$ Вт

Определить динамический диапазон (ДД) тракта по односигнальному и двух-  
сигнальному методам.

## 1. ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНИХ ЗАНЯТЬ

1. Повторити теоретичний матеріал до теми лабораторного заняття

## 2. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які функції виконує тракт першої проміжної частоти у приймачі з подвійним перетворенням частоти.
2. Які функції виконує тракт другої проміжної частоти у приймачі з подвійним перетворенням частоти.
3. Подати визначення основних характеристик тракту проміжних частот.
4. Які вимоги подаються до перетворювачів частоти?
5. Які перетворювачі частоти використовуються у сучасних радіоприймачах?
6. Як враховуються характеристики перетворювача частоти при визначенні характеристик всього тракту проміжної частоти?
7. Які заходи вживаються для послаблення вищих компонентів перетворення?
8. Як обираються проміжні частоти радіоприймача?

## Лабораторне завдання №5

### Визначення рівня сигналу на трасі розповсюдження

Мета заняття: Оволодіти методами визначення рівня сигналу на вході приймача.

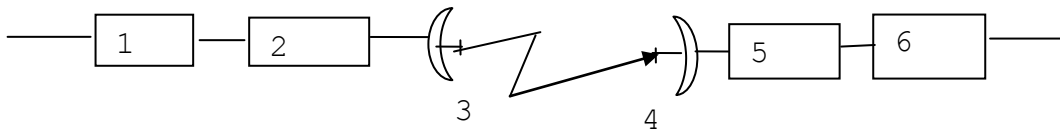
#### Зміст заняття

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Вступна частина   | - 5 хв  |
| 2. Перевірка виконання завдання до самостійних<br>занять             | - 5 хв  |
| Проведення колоквиуму  | - 10хв  |
| 3. вирішення поставленої задачі                                      | - 35 хв |
| 4. оцінювання результату. Обговорення процедури розрахунку.<br>30 хв | -       |
| 5. Заключна частина  | - 5 хв  |

### Задача 5

#### Задача 5

Построить диаграмму уровней участка линии спутниковой связи



1 – передатчик ( 70 дБ)

2 – волноводный тракт (-3дБ)

3 – антенна тракта передатчика (+ 60 дБ)

4 – антенна приемного тракта (+ 40дБ)

5 – волноводный тракт (-0,5дБ)

6 – приемник (Кш = 5дБ)

Потери на трассе (основные) – (- 190дБ)

Потери на трассе (дополнительные) – (-8дБ)

Построить диаграмму уровней при уровне мощности на входе  $-P_{вх} = 1 \text{ мкВт}$

## I.ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНИХ ЗАНЯТЬ

1. Повторити теоретичний матеріал до теми лабораторного заняття

### Лабораторне завдання №6

#### Визначення спотворення сигналу в процесі передачі на трасі розповсюдження по РРЛ

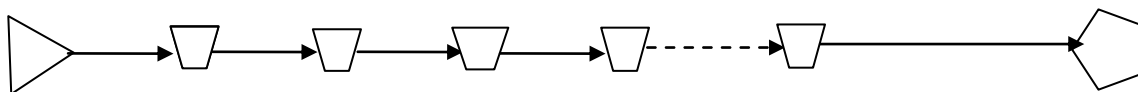
Мета заняття: Освоїти спотворення сигналу при передачі по ретрансляційній лінії.

#### Зміст заняття

6. Вступна частина	- 5 хв
7. Перевірка виконання завдання до самостійних занять	- 5 хв
Проведення колоквиуму	- 10хв
8. вирішення поставленої задачі	- 35 хв
9. оцінювання результату. Обговорення процедури розрахунку.	-
30 хв	
10.Заклучна частина	- 5 хв

#### Задача 6

#### Модель каналу зв'язу на базі РРЛ



Оконечная станция – передатчик (1 шт)



Промежуточная станция – ретранслятор (n шт)



Оконечная станция – приемник (1 шт)

Основные параметры:

- *Оконечная станция (передатчик):*

Мощность – 100 Вт

Коэффициент усиления антенны – 20 дБ

Полоса сигнала – 30 МГц

Мощность шума принимаем равной нулю

- *Промежуточная станция (ретранслятор):*

Коэффициент усиления антенн (приемной и передающей) – 20 дБ

Коэффициент шума – 5 дБ

Мощность на выходе – 100 Вт

- *Пролет:*

Затухание сигнала – 140 дБ

- *Оконечная станция(приемник)*

Коэффициент усиления антенны – 20 дБ

Коэффициент шума – 5 дБ

*Определить: Изменение отношения сигнал/ шум по трассе распространения для 7 пролетов*

## І.ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНИХ ЗАНЯТЬ

2. Повторити теоретичний матеріал до теми лабораторного заняття

Задача 7

Лабораторне завдання 7

**Расчет  $E_b/N_0$  для различных скоростей передачи и ЭШТ входа приемного тракта**

Рассчитать  $E_b/N_0$  для:

1. битовый поток – 1, 10, 15 Мбит/с
2. ЭШТ – 70, 100, 150, 200 К

## Определение пропускной способности канала связи

Задача 8.

### Задача

Пользуясь выражением Шеннона для пропускной способности канала связи  $R = \Delta F \log_2(1 + P_c/P_{ш})$  выразите отношение  $P_c/P_{ш}$  через отношение  $h^2 = E_b/P_0$  и найдите выражение для  $h^2$  как функцию отношения  $R/\Delta F$ .

Найдите минимально возможное достижимое значение величины  $h^2$  для канала связи. Выразите эту величину  $h^2$  в дБ и сравните ее с величиной



$h^2=10,5$ дБ, требуемой для получения вероятности ошибки на бит  $10^{-6}$  при передаче информации противоположными сигналами без избыточности.

Сделайте заключение в результате этого сравнения о возможностях помехоустойчивого кодирования в каналах связи.

Лабораторные задания 9

**Определение основных параметров битового и символьного потоков в тракте с одночастотной модуляцией.**

### Задачи

Определить число бит, приходящихся на один символ:

№ <sub>п/п</sub>	модуляция	
1	BPSK	
2	QPSK	
3	ФМ-8	
4	ФМ-16	
5	ОФМ-4	
6	КАМ-4	
7	КАМ-16	
8	КАМ-32	
9	КАМ-64	
10	КАМ-128	
11	КАМ-256	
12	КАМ-512	
13	КАМ-1024	

Определить энергию на бит некодированного потока для:

1	QPSK	
2	ФМ-8	
3	ФМ-16	
4	ОФМ-4	
5	АФМ-4	
6	КАМ-16	

Оценить отличие спектральной эффективности некодированного потока (во сколько раз)

1	QPSK	ФМ-8	
2	ФМ-8	КАМ-512	
3	ФМ-16	QPSK	

4	ОФМ-4	КАМ-16	
5	АФМ-4	КАМ-1024	
6	КАМ-16	КАМ-256	

Определить полосу, занимаемую некодированным потоком:

скорость, Мбит/с	модуляция	полоса
10	QPSK	
15	КАМ-16	
20	КАМ-256	
34	QPSK	
65	КАМ-16	
50	КАМ-64	
25	QPSK	
30	КАМ-1024	
37	КАМ-64	

Определить полосу, занимаемую некодированным потоком с учетом скругления спектра:

скорость, Мбит/с; скругление	модуляция	полоса
10; 0,15	QPSK	
15; 0,3	КАМ-16	
20; 0,35	КАМ-256	
34; 0,6	QPSK	
65; 0,15	КАМ-16	
50; 0,4	КАМ-64	
25; 0,35	QPSK	
30; 0,5	КАМ-1024	
37; 0,2	КАМ-64	

## Алгоритмы решения задач:

### Алгоритм решения задачи 1

Соотношения, характеризующие распространение радиоволн по трассе

$$n \text{ (раз)} = P_1 / P_2 = (U_1 / U_2)^2 = (I_1 / I_2)^2$$

$$n \text{ (дБ)} = 10 \times \lg n \text{ (раз)}$$

$n \text{ (раз)} = 10^{n \text{ (дБ)}/10}$  (отношение мощностей) или  $10^{n \text{ (дБ)}/20}$  (отношение токов или напряжений)

$$U_1 / U_2 = 20 \times \lg n \text{ (раз)}$$

$$I_1 / I_2 = 20 \times \lg n \text{ (раз)}$$

$$\text{ЭИИМ}_{\text{передатчика}} = P_{\text{пер}} \times G_a$$

$$\text{Добротность}_{\text{приемника}} = G_a / T_{\text{ш вх}}$$

### Варианты решения:

$$1. T_{\text{ш1}} \times K_2 \times K_3 \times K_4 + T_{\text{ш2}} \times K_2 \times K_3 \times K_4 + T_{\text{ш3}} \times K_3 \times K_4 + T_{\text{ш4}} \times K_4 = P_{\text{ш\_вых}}$$

$$P_{\text{ш\_вых}} / K_1 + K_2 + K_3 + K_4$$

$$2. T_{\text{ш4}} / K_1 + K_2 + K_3 + T_{\text{ш3}} / K_1 + K_2 + T_{\text{ш2}} / K_1$$

При этом,  $T_{\text{ш1}}$  узла составит  $T_{\text{ш}} = T_0 \times (1-1/L)$

### Алгоритм решения задачи 2,3,4

Расчет требуемой полосы пропускания тракта в зависимости от bit rate

Полоса, занимаемая потоком символов –  $W = (1+a) \cdot f_s$  где:

$f_s$  – символьная скорость

$a$  – коэффициент скругления

Символьная скорость –  $f_s = BR \times k_{\text{изб}}/m$  где:

$m$  – коэффициент мапинга (число бит на символ информации);

$BR$  – bit rate (информационная скорость);

$k_{\text{изб}}$  – коэффициент избыточности за счет помехоустойчивого кодирования

ния

$$m = 2(\log_2 L) = \log_2 M \text{ где}$$

$M$  – формат модуляции или число элементов пространства сигналов при цифровой модуляции

Число уровней амплитуд  $L$  определяется как

$$L = \sqrt{M}$$

При использовании каскадного кодирования результирующее значение  $k_{\text{изб}} = \prod k_{\text{изб } i}$ , где  $k_{\text{изб } i}$  – значение коэффициента избыточности за счет каждого каскада.

### Задача 7

Рассчитать  $E_b/N_0$  для:

3. битовый поток – 1, 10, 15 Мбит/с

4. ЭШТ – 70, 100, 150, 200 К

### Задача 3

Рассчитать энергию на бит и на символ для:

1. битовый поток – 1, 10, 15 Мбит/с

2. модуляция ФМ-4; КАМ-64; КАМ-256

Соотношения, характеризующие распространение радиоволн по трассе

$$n \text{ (раз)} = P_1 / P_2 = (U_1 / U_2)^2 = (I_1 / I_2)^2$$

$$n \text{ (дБ)} = 10 \times \lg n \text{ (раз)}$$

$$n \text{ (раз)} = 10^{n \text{ (дБ)}/10} \text{ (отношение мощностей)} \text{ или } 10^{n \text{ (дБ)}/20} \text{ (отношение токов или напряжений)}$$

$$U_1 / U_2 = 20 \times \lg n \text{ (раз)}$$

$$I_1 / I_2 = 20 \times \lg n \text{ (раз)}$$

$$\text{ЭИИМ}_{\text{передатчика}} = P_{\text{пер}} \times G_a$$

$$\text{Добротность}_{\text{приемника}} = G_a / T_{\text{ш вх}}$$

Расчет требуемой полосы пропускания тракта в зависимости от bit rate

Полоса, занимаемая потоком символов –  $W = (1+a) \cdot f_s$  где:

$f_s$  – символьная скорость

$a$  – коэффициент округления

Символьная скорость –  $f_s = BR \times \kappa_{\text{изб}}/m$  где:

$m$  – коэффициент мапинга (число бит на символ информации);

$BR$  – bit rate (информационная скорость);

$\kappa_{\text{изб}}$  – коэффициент избыточности за счет помехоустойчивого кодирования

ния

$$m = 2(\log_2 L) = \log_2 M \text{ где}$$

$M$  – формат модуляции или число элементов пространства сигналов при цифровой модуляции

Число уровней амплитуд  $L$  определяется как

$$L = \sqrt{M}$$

При использовании каскадного кодирования результирующее значение  $\kappa_{\text{изб}} = \prod \kappa_{\text{изб } i}$ , где  $\kappa_{\text{изб } i}$  – значение коэффициента избыточности за счет каждого каскада.

### Алгоритм решения задачи 5

Определяем ЭШТ тракта –  $T_{\text{ш тр}}$

$$T_{\text{ш } 1} + T_{\text{ш } 2} + T_{\text{ш } 3} = 100 + 0,05 + 0,001 \text{ К} = 100,051 \text{ К} \approx 100 \text{ К}$$

Эквивалентная мощность шума на входе составит:

$$P_{\text{ш вх}} = k \times T_{\text{ш тр}} \times F = 1,38 \times 10^{-23} \times 100 \times 2 \times 10^7 = 276 \times 10^{-16} \text{ Вт} \approx 3 \times 10^{-14} \text{ Вт}$$

*Нижняя граница ДД тракта составит  $3 \times 10^{-14} \text{ Вт}$*

Верхнюю границу вычисляем с учетом допустимой ошибки и уровня мощности в канале передачи.

*Верхняя граница ДД тракта по критерию компрессии коэффициента передачи*

на 1дБ:

Определяется односигнальным методом

Верхняя граница не превышает  $10^{-8}$ Вт

При этом на входе 2 узла –  $10^{-4}$ ; 3 узла –  $10^{-2}$ Вт

Т.е. верхняя граница ограничивается параметрами 3 узла.

Верхнюю границу ДД определяют нелинейностью тракта; она ограничивается допуском на уровень искажений сигнала.

Показателем нелинейности является мощность на выходе, при которой коэффициент передачи уменьшается на 1 дБ. Этот показатель оценивается односигнальным методом и связан с уровнем приведенных к входу продуктов интермодуляции третьего порядка, который измеряется двухсигнальным методом и определяется выражением

$$P_{1-2} = 3P_{\text{вх}} - 2D_0 - 19,2 = 3P_{\text{вх}} - 2P_{\text{лин}} + 2K_{\text{тр}} - 19,2 \quad (\text{дБВт})$$

где  $P_{1-2}$  - мощность приведенной к входу интермодуляционной составляющей третьего порядка, дБВт;  $P_{\text{вх}}$  - мощность тестового сигнала на входе тракта, дБВт;  $D_0$  - верхняя граница ДД, дБВт, приведенная к входу, по критерию компрессии коэффициента передачи на 1 дБ;  $P_{\text{лин}}$  - мощность на выходе тракта при компрессии усиления на 1 дБ, дБВт;  $K_{\text{тр}}$  - коэффициент передачи линейного тракта, дБ.

Предположив для КАМ-64 уровень  $P_{1-2} = -40$ дБ, получим:

$$-40 = 3P_{\text{вх}} + 160 + 19,2$$

Таким образом, верхняя граница ДД составит:

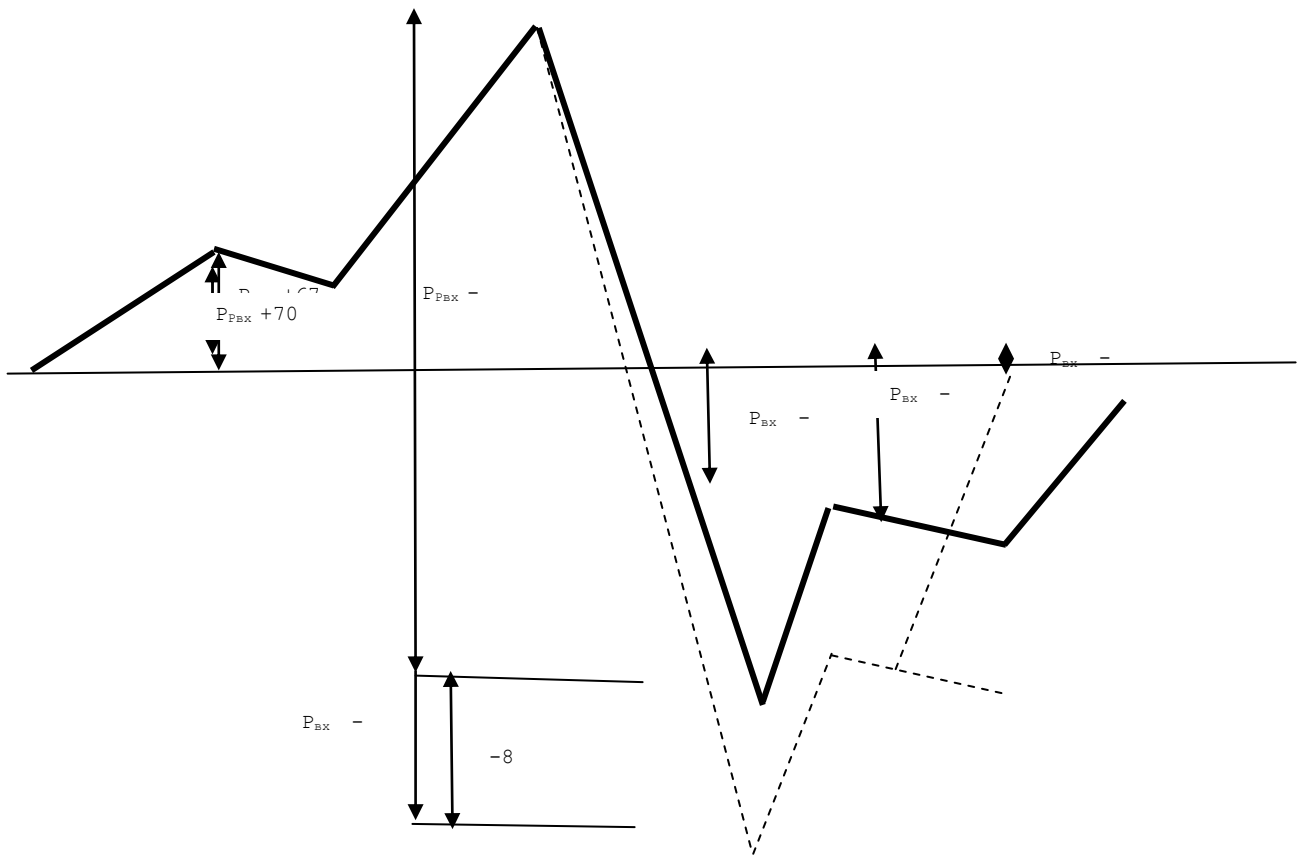
$$P_{\text{вх}} \approx -220/3 \approx -73 \text{дБВт}$$

Приняв для КА-64 отношение С/Ш=30дБ, получим нижнюю границу для ЛТ  $3 \times 10^{-14}$ Вт (или -135дБВт), а для канала связи –  $3 \times 10^{-11}$ Вт

Верхняя граница составит величину -73дБВт.

Динамический диапазон канала связи составит около 62дБ

## Алгоритм решения задачи 6



### Алгоритм решения задачи 8

#### Решение

$$P_c/P_{in} = P_c/N_0\Delta F = P_c\tau_0/N_0 \times 1/\tau_0\Delta F = E_c/N_0 \times R/\Delta F$$

Где  $\tau_0 = 1/R$  – длительность информационного бита.

тогда  $R/\Delta F = \log_2(1+h^2 R/\Delta F)$ ,  $1+h^2 R/\Delta F = 2^{R/\Delta F} = e^{(\ln 2) R/\Delta F}$ ,  $h^2 = \Delta F/R e^{(\ln 2) R/\Delta F} - 1$ .

Минимальное значение  $h^2$  достигается при стремлении отношения  $R/\Delta F$  к нулю:

$$\lim h^2 = \Delta F/R [1 + \ln 2 \Delta F/R - 1] = \ln 2 = 0,693 = -1,6 \text{ дБ.}$$

**Вывод:** в канале связи за счет идеального помехоустойчивого кодирования сообщений можно снизить требуемую величину  $h^2$  с 10,5 дБ до величины минус 1,6 дБ. Таким образом, за счет помехоустойчивого кодирования потенциально можно получить выигрыш в энергетике канала связи до  $10,5 + 1,6 = 12,1$  дБ.

### Алгоритм решения задачи 8

#### Основные соотношения

1. Эквивалентная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) передающей станции

$$\mathcal{E} = P_{пер} \eta_{пер} G_{пер}$$

Где  $\mathcal{E}$  – ЭИИМ передатчика

$P_{nep}$  – эффективная мощность на выходе передатчика

$\eta_{nep}$  – коэффициент передачи (по мощности) волноводного тракта передатчика (КПД тракта)

$G_{nep}$  – коэффициент передачи передающей антенны (относительно изотропного излучателя)

$$L_0 = 16\pi^2 d^2 / \lambda^2$$

Где  $L_0$  – Затухание энергии сигнала в свободном пространстве

$d$  – наклонная дальность (расстояние между передающей и приемной антеннами)

$\lambda$  – длина волны

$$L_{\Sigma} = L_0 L_{\text{дон}}$$

$L_{\text{дон}}$  – дополнительные потери

$L_{\Sigma}$  – полное значение потерь на трассе

$\eta_{np}$  – коэффициент передачи (по мощности) волноводного тракта приемника

$$P_{np} = \mathcal{E} G_{np} \eta_{np} / L_0 L_{\text{дон}} = P_{nep} \lambda^2 G_{nep} G_{np} \eta_{nep} \eta_{np} / 16 \pi^2 d^2 L_{\text{дон}}$$

(для условия согласования волновых сопротивлений антенны, элементов тракта и приемника)

$P_{np}$  – мощность сигнала на входе приемника

### *1. Описать содержание задачи*

Модель канала связи состоит из двух оконечных станций (приемник и передатчик) и  $n$  ретрансляторов. В качестве среды передачи используется передача в свободном пространстве. То есть, в канале передачи на пролете выполняется условие прямой видимости.

Уровни сигнала на выходе каждой станции одинаковы.

Уровень шума на выходе передатчика принят равным нулю.

Коэффициенты шума приемников всех станций приняты одинаковыми.

Коэффициенты всех антенн – одинаковы.

*2. Определить за счет чего поддерживается уровень сигнала на выходе ретранслятора*

Уровни сигнала на выходе каждой станции равны 100 Вт, и поддерживаются программно-аппаратными средствами станции.

### *3. Определить источники искажающих факторов*

Источниками искажающих сигналов являются собственные шумы станций (ретрансляторных – промежуточных и оконечной – приемной)

### *4. Определить потоки шумов*

В предложенных условиях предполагается, что источником помех являю-

тся исключительно шумы линейных трактов ретрансляторов. Эти шумовые потоки распространяются по всему каналу связи от ретранслятора к ретранслятору.

*5. Определить уровни шумов на входе / выходе каждого ретранслятора*

Уровень шума (собственный) на входе равняется 600К (28дБК). Или мощность шума в полосе 30 МГц в дБВт составит, как показано в решении задачи на предыдущих занятиях, -125дБВт.

(Уровень собственного шума в полосе 30 МГц в дБК на выходе равен  $K_{ш.вых} = 28 + K_y$  (дБ), где  $K_y$  – коэффициент усиления тракта ретранслятора; Температура шума на выходе ретранслятора составит  $28 + 100 = 128$ дБК).

*6. Оценить добавку на каждом ретрансляторе*

Шум от  $i$ -го ретранслятора на входе  $(i+1)$ -го ретранслятора составит мощность шума на входе  $i$ -го ретранслятора ( $T_{ш.и}$ ) умноженная на коэффициент передачи тракта ретранслятора ( $K_p$ ) и на коэффициент передачи на трассе распространения ( $K_{тр}$ ). Поскольку в дБ  $K_p = -K_{тр}$ , то в нашем случае мощности собственного шума на входе второго ретранслятора будут равняться мощности шума пришедшего с выхода предыдущего (первого) ретранслятора. Суммарный шум на входе ретранслятора в общем случае состоит из собственного шума ретранслятора и пришедшего на его вход суммарного шума.

*7. Выразить выражением для уровня шума на  $n$  ретрансляторе*

Учитывая характер гауссового шума можно сделать вывод:

Суммарная мощность шума на входе  $n$ -го ретранслятора ( $P_{ш.вх.н}$ ) в нашей модели будет равняться  $P_{ш.вх.н} = P_{ш.вх.1}$  (дБВт) +  $n$  (дБ).

*8. Оценить отношение С/Ш на входе  $n$ -го ретранслятора*

$$(C/Ш)_n = P_{с.вх} - P_{ш.вх. n}$$

Т. о. на входе первого ретранслятора составит

$$-80 + 125 = 45 \text{дБ (как было показано на прошлых занятиях)}$$

на входе второго ретранслятора составит

$$-80 + 125 + 3 = 42 \text{дБ}$$

десятого

$$-80 + 125 + 10 = 35 \text{дБ}$$

И т.д.