

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики»

Кафедра ССС

Методические указания и контрольные задания по дисциплине  
«Транспортные проводные системы связи»  
для студентов заочной формы обучения направление подготовки 11.03.02  
Инфокоммуникационные технологии и системы связи.  
Профиль (специализация) подготовки  
«Оптические и проводные сети и системы связи»

**5 семестр**

Составители: к.т.н., доц. В.И. Иванов

Рецензент: проф. к.т.н., Б.В. Попов

Самара, 2021

Излагаются методические указания по изучению дисциплины «Транспортные проводные системы связи» и выполнению контрольного задания.

Номер варианта контрольной работы определяется студентом по предпоследней и последней цифрам номера студенческого билета. Текст каждого задания вместе с номером варианта и исходными данными приводят в контрольной работе на отдельной, как правило, первой странице. Решения задач обязательно сопровождаются необходимыми пояснениями и ссылками на литературу. Список литературы, использованной при выполнении контрольных заданий, приводят в конце контрольной работы. В сроки, установленные учебным графиком, контрольная работа представляется на рецензирование.

Все исправления и дополнения, сделанные студентом по замечаниям рецензента, выносят на поля в том месте, где обнаружены ошибки, заданы вопросы или сделаны замечания.

Допущенные к защите контрольные работы предъявляют на экзамене (зачете), где и происходит их защита. Для успешной защиты контрольной работы необходимо:

- внести исправления по замечаниям рецензента, ответить (письменно или устно, в зависимости от требований рецензента) на поставленные вопросы;
- уметь полностью объяснить ход решения задач, обосновать правильность использования расчетных формул, понимать смысл входящих в них величин и символов, их размерность.

Изучение дисциплины ТПСС базируется на обеспечивающих курсах общая теория связи, основы построения инфокоммуникационных систем и сетей, направляющие системы электросвязи

## Список литературы

### Основная литература

1. Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей. Учебник для Вузов. Под ред. Н.Н. Васина Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,60 Мб). - Самара : ИНУЛ ПГУТИ, 2017. - Загл. с титул. Электрон. версия печ. издания 2017 г. - Режим доступа: <http://elib.psuti.ru>

2. Крухмалев, В. В. Цифровые системы передачи [Текст]: учебное пособие для вузов / В. В. Крухмалев, В. Н. Гордиенко, А. Д. Моченов; ред. А. Д. Моченов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Горячая линия-Телеком, 2014. - 372 с.; 30экз. НТБ ПГУТИ.

3. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь. 1995 Второе издание: М. Горячая линия-Телеком. 2003.

4. **Иванов, В. И.** Проектирование транспортных систем передачи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. **Иванов** ; ПГУТИ, - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3,94 Мб). - Самара : ПГУТИ, 2021. - 146 с. - Загл. с титул. экрана. - Режим доступа: [http://elib.psuti.ru/Ivanov\\_proektirovanie\\_transportnyh\\_sistem\\_peredachi\\_uchebnoe\\_posobie\\_2021.pdf](http://elib.psuti.ru/Ivanov_proektirovanie_transportnyh_sistem_peredachi_uchebnoe_posobie_2021.pdf)

### Дополнительная литература

3. Иванов В.И. Спектральное уплотнение ВОЛС. Учебное пособие для вузов /В.И. Иванов/- Самара: ИУНЛ, ПГУТИ. - 2010. - 228 с.: ил. 20экз. НТБ ПГУТИ.

2. Волоконно- оптические системы передачи: Учебное пособие / В.И. Иванов. - Самара: ПГАТИ, 2007

3. Волоконно-оптические системы передачи и кабели. Справочник /И.И. Гроднев, А.Г. Мурадян, Р.М. Шарафутдинов и др.; - М.: Радио и связь, 2003.

**ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**  
и методические указания к их выполнению  
**Задание № 1.**

1. Рассчитать и построить внешнюю диаграмму измерительных уровней канала передачи, структурная схема которого приведена на рисунке 1.

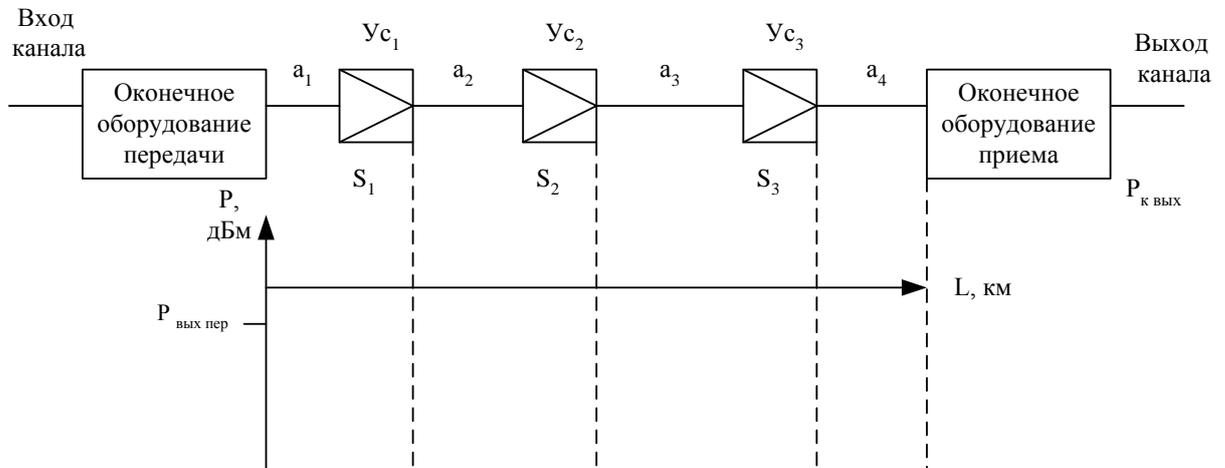


Рисунок 1. К расчету и построению внешней диаграммы уровней

2. Определить мощность, напряжение и абсолютный уровень напряжения и мощности измерительного сигнала на выходе первого промежуточного усилителя  $Ус_1$ , если его входное сопротивление равно  $R_{вх}$ .

Определить, во сколько раз мощность сигнала на входе первого промежуточного усилителя  $Ус_1$  меньше мощности сигнала на выходе окончательного оборудования передачи.

3. Рассчитать остаточное затухание канала, если измерительный уровень на его выходе составляет  $P_{к\text{ вых}}$ , сравните вычисленное значение с номинальным.

Исходные данные приведены в таблице 2.

После выполнения задания дайте письменный ответ на один из сформулированных ниже вопросов (в соответствии с последней цифрой студенческого билета).

0. На каком из усилительных участков будет внесена наибольшая собственная помеха, если шумовые характеристики всех усилителей одинаковы?

1. К чему может привести: а) увеличение уровней передачи на входе усилителя? б) снижение уровней приема на входе усилителя?

2. Как сказывается на качестве передачи телефонного сигнала отклонение остаточного затухания от номинального значения?

3. как скажется уменьшение ширины частотного спектра на качество речи телефонного сигнала или сигнала звукового вещания, телевизионного сигнала?

4. Что такое пик-фактор сигнала и чему он равен для гармонического колебания?

5. Как измерить уровень мощности гармонического колебания, имея в своем распоряжении вольтметр с высоким входным сопротивлением?

6. К каким негативным последствиям может привести плохая балансировка дифференциальной системы телефонного канала?

7. Какая величина уровня мощности соответствует мощности 0,01 Вт? Отсутствию сигнала?

8. Как выглядит идеальная амплитудно-частотная характеристика канала передачи? Амплитудная характеристика? К чему приводит отклонение каждой от идеальной?

9. На каком сопротивлении уровень мощности сигнала больше уровня напряжения того же сигнала на 3 дБ?

Таблица 2

Усиления промежуточных усилителей		S <sub>1</sub> , дБ		32	39	35	30	34	31	40	38	33	36	
		S <sub>2</sub> , дБ		39	33	30	32	40	38	36	37	35	34	
		S <sub>3</sub> , дБ		35	34	33	40	32	30	31	38	37	39	
Измерительный уровень на выходе оконечного оборудования передачи, P <sub>вых</sub> , дБм				-6	-15	-8	-7	-9	-	-	-	-9	-	
									18	10	13		12	
Входное сопротивление усилителя, R <sub>вх</sub> , Ом				160	130	75	140	150	74	60	80	170	50	
Затухание участка цепи, дБ				Измерительный уровень на выходе канала P <sub>к вых</sub> , дБ										
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>											
				Номера вариантов										
30	32	40	33	-7,0	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
31	40	37	32	-8,0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
32	38	36	30	-7,1	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
33	35	30	34	-6,9	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
34	30	35	40	-7,2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
35	34	32	31	-7,5	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
36	37	39	35	-6,5	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
37	33	34	36	-8,5	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
38	36	31	38	-6,2	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
39	31	33	37	-7,3	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

**Методические указания к выполнению первого задания.**

Различают следующие уровни передачи:

по мощности:

$$p_{ом} = 10 \lg \frac{W_x}{W_0}, \text{ дБ} \quad \text{или} \quad p_{ом} = \frac{1}{2} \ln \frac{W_x}{W_0}, \text{ Нп};$$

по напряжению:

$$p_{он} = 20 \lg \frac{U_x}{U_0}, \text{ дБ} \quad \text{или} \quad p_{мо} = \ln \frac{U_x}{U_0}, \text{ Нп};$$

по току:

$$p_{от} = 20 \lg \frac{I_x}{I_0}, \text{ дБ} \quad \text{или} \quad p_{от} = \frac{1}{2} \ln \frac{I_x}{I_0}, \text{ Нп}.$$

Между уровнями передачи в дБ и Нп существуют следующие соотношения;  $1 \text{ Нп} = 8,686 \cong 8,7 \text{ дБ}$  и  $1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп}$ .

В этих формулах  $W_x$ ,  $U_x$  и  $I_x$  – соответственно величины кажущейся или активной мощности, напряжения, тока в рассматриваемой точке, а  $W_0$ ,  $U_0$  и  $I_0$  – величины, принятые за исходные при определении уровней передачи.

От логарифмических единиц (уровней в децибелах) легко перейти к абсолютным величинам мощности, напряжения или тока по следующим очевидным формулам:

$$W_x = 10^{0.1p_m}; \quad U_x = 10^{0.05p_m}; \quad I_x = 10^{0.05p_m}.$$

В общем случае численные значения уровней передачи по мощности, напряжению и току не совпадают. Однако между ними легко установить взаимосвязь, если известны сопротивления  $R_x$  и  $R_0$ , на которых выделяются мощности  $W_x$  и  $W_0$ .

Действительно,

$$p_{ом} = 10 \lg \frac{W_x}{W_0} = 10 \lg \frac{U_x^2 \frac{|R_0|}{|R_x|}}{U_0^2} = 20 \lg \frac{U_x}{U_0} - 10 \lg \frac{|R_x|}{|R_0|} = p_{он} - 10 \lg \frac{|R_x|}{|R_0|}$$

или

$$p_{ом} = p_{он} + 10 \lg \frac{|R_x|}{|R_0|}.$$

Уровни передачи подразделяются на *абсолютные* и *измерительные*. Уровни называются *абсолютными*, если за исходные приняты следующие величины:

- 1) кажущаяся мощность  $W_0=1 \text{ мВА}$  или активная мощность  $W_0=1 \text{ мВт}$ ;
- 2) эффективное напряжение  $U_0=0,775 \text{ В}$ ;
- 3) эффективное значение тока  $I_0=1.29 \text{ мА}$ .

Сопротивление  $R_0=600 \text{ Ом}$ .

Выражение (1) для относительного уровня мощности можно представить в следующем виде:

$$p_{ом} = 10 \lg \left( \frac{\frac{W_x}{1 \text{ мВА (мВт)}}}{\frac{W_0}{1 \text{ мВА (мВт)}}} \right) = 10 \lg \frac{W_x}{1 \text{ мВА (мВт)}} - 10 \lg \frac{W_0}{1 \text{ мВА (мВт)}} = p_{мх} - p_{мо},$$

$p_{мх}$  – абсолютный уровень мощности в рассматриваемой точке и  $p_{мо}$  – уровень в точке отсчета. Как следует из формулы, *относительный уровень мощности равен разности абсолютных уровней мощности в точке измерения и точке, принятой за отсчетную*. Аналогичным образом получается выражение для относительных уровней напряжения.

$$p_{он} = p_{нх} - p_{но}.$$

Если в точке канала, с относительным уровнем мощности  $p_{ом1}$  известен абсолютный уровень мощности сигнала  $p_{м1}$ , то в точке канала, с относительным уровнем  $p_{ом2}$  абсолютный уровень мощности  $p_{м2}$  будет равен:

$$p_{м2} = p_{м1} - (p_{об1} - p_{ом2}).$$

Если в точке канала с относительным уровнем мощности  $p_{ом1}$  известна мощность сигнала  $W_1$ , то в точке канала с относительным уровнем  $p_{ом2}$  мощность сигнала равна

$$W_2 = W_1 \cdot 10^{0.1(p_{ом2} - p_{ом1})}, \text{ мВт.}$$

Канал передачи представляет из себя каскадное соединение пассивных и активных четырехполосников. При прохождении сигналов по каналам передачи имеют место потери энергии в пассивных четырехполосниках или ее увеличение в активных. Для оценки изменений энергии сигнала в различных точках канала вводится понятие рабочего затухания и рабочего усиления.

Под рабочим затуханием четырехполосника понимается отношение вида:

$$A_p = 10 \lg \frac{W_z}{W_n} = p_z - p_n, \text{ дБ,}$$

где  $W_r$  – кажущаяся мощность, которую отдал бы источник (генератор) сигнала согласованной с ним нагрузке,  $W_n$  – кажущаяся мощность, выделяющаяся в нагрузке

четырёхполосника в реальных условиях включения. При таком определении учитывается возможная несогласованность на входе и выходе четырёхполосника.

Рабочее усиление четырёхполосника определяется выражением вида:

$$S_p = 10 \lg \frac{W_u}{W_z} \text{ дБ},$$

При проектировании и эксплуатации оборудования телекоммуникационных систем и сетей необходимо знать величины уровней сигнала в различных точках каналов и трактов передачи. Чтобы охарактеризовать изменения энергии сигнала при его передачи пользуются диаграммой уровней – графиком, показывающим распределение уровней передачи вдоль тракта передачи.

В качестве примера на рис.2 показана диаграмма уровней канала передачи, состоящего из усилителя передачи  $У_{с\text{неп}}$  с усилением равным  $S_{\text{неп}}$ , трех участков линии связи (среды распространения) длиной  $l_1, l_2$  и  $l_3$  с затуханием равным  $A_1, A_2, A_3$ , двух промежуточных усилителей  $У_{с1}$  и  $У_{с2}$  с усилением соответственно  $S_1, S_2$  и усилителя приема  $У_{с\text{пр}}$  с усилением  $S_{\text{пр}}$ .

На диаграмме уровней отмечены характерные точки канала (тракта) передачи: вход канала с уровнем  $p_{\text{вх}}$ ; уровень передачи равный  $p_{\text{неп}} = p_{\text{вх}} + S_{\text{неп}}$ ; уровни приема на входе  $i$  – го усилителя  $p_{\text{нpi}} = p_{\text{неп}(i-1)} - A_i$ ; выход канала (тракта) с уровнем  $p_{\text{вых}}$  и величина защищенности на входе  $i$  – го усилителя равная

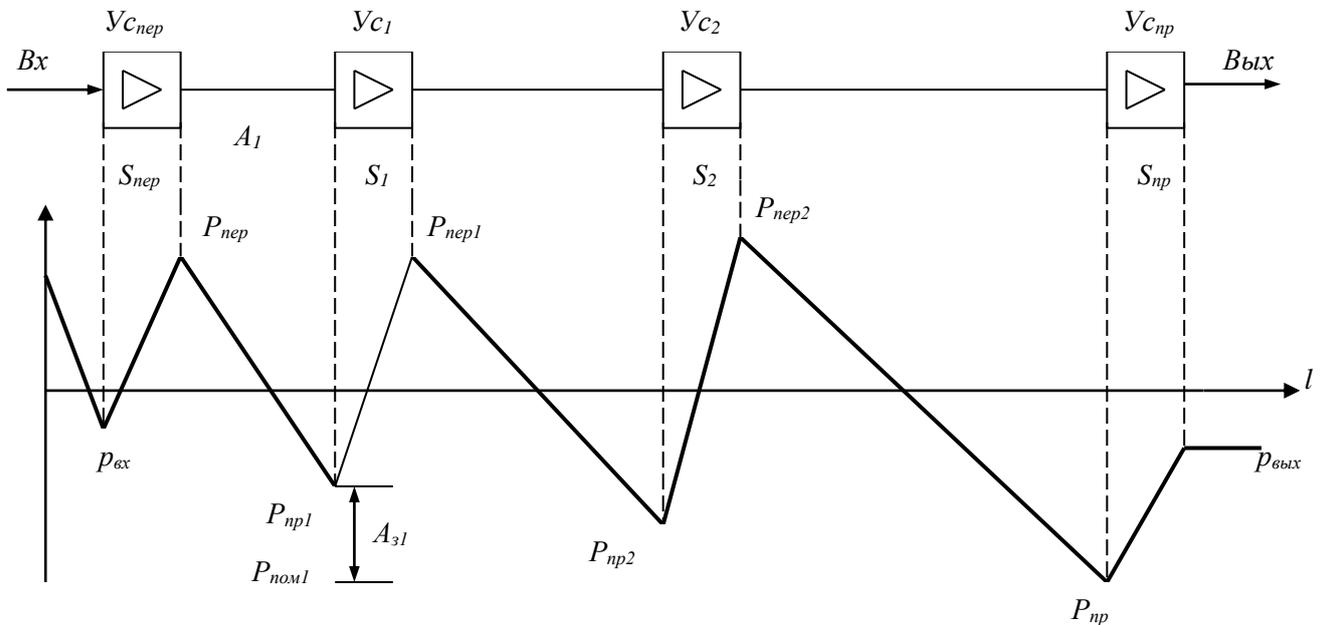


Рис.2. Диаграмма уровней и ее характерные точки

$$A_{zi} = 10 \lg (W_{\text{нpi}} / W_{\text{номi}}) = p_{\text{нpi}} - p_{\text{номi}},$$

где  $W_{\text{нpi}}$  и  $W_{\text{номi}}$  – мощности сигнала и помехи на входе  $i$  – го усилителя, а  $p_{\text{нpi}}$  и  $p_{\text{номi}}$  – соответственно уровни сигнала и помехи.

Соотношение между уровнями сигнала на входе и выходе канала определяет его остаточное затухание, которое представляет собой рабочее затухание, определяемое при условии замыкания входа и выхода канала на активные сопротивления нагрузки, соответствующие номинальным значениям входного и выходного сопротивлений канала. Остаточное затухание равно разности между суммой всех рабочих затуханий, имеющих в канале, и суммой всех рабочих усилений:

$$A_r = \sum A_{pi} - \sum S_k.$$

Поскольку входное и выходное сопротивления канала тональной частоты равны  $R_{вх}=R_{вых}=600 \text{ Ом}$ , то остаточное затухание канала ТЧ определяется как

$$A_r = P_{вх \text{ к}} - P_{вых \text{ к}}$$

## Задание № 2

1. Выбрать частоту дискретизации сигнала, спектр которого ограничен частотами  $f_n$  и  $f_v$ . Для выбранной частоты дискретизации рассчитать и построить спектральную диаграмму амплитудно – импульсно модулированного (АИМ) сигнала.

С помощью спектральной диаграммы докажите, что искажения дискретизации при демодуляции АИМ сигнала могут быть сделаны сколь угодно малыми.

2. Определить необходимое количество уровней квантования, количество разрядов в кодовом слове, выполнить операции равномерного квантования с шагом  $\delta$ , и кодирования в симметричном и натуральном кодах двух отсчетов аналогового сигнала с амплитудами  $U_1$  и  $U_2$ . Определить величины ошибок (шумов) квантования.

Изобразить полученные в результате кодирования кодовые слова (кодовые комбинации) в виде последовательности токовых и бестоковых посылок, считая, что двоичной единице соответствует токовая посылка, а нулю – бестоковая.

3. Рассчитать необходимый шаг дельта – модуляции при заданных пределах изменения сигнала  $U_{\min} - U_{\max}$ , времени изменения сигнала  $t$ . Частота дискретизации  $f_d=32 \text{ кГц}$ .

4. Рассчитать тактовую частоту  $f_T$  двоичного группового ИКМ сигнала, и ширину его частотного спектра  $\Delta F_{икм}$  (для заданного количества разрядов). Сравнить ширину спектра частот группового сигнала в ЦСП на основе ИКМ с ВРК и СП с ЧРК на основе ОБП. Учесть, что обе системы передачи предназначены для организации одного и того же количества каналов  $N$  с полосой эффективно-передаваемых частот  $0,3 \dots 3,4 \text{ кГц}$ .

Необходимые для выполнения задания данные приведены в таблице 3.

После выполнения задания дайте письменный ответ на один из сформулированных ниже вопросов (в соответствии с последней цифрой номера студенческого билета).

0. Основные виды импульсной модуляции, их графическое представление и аналитические выражения для определения спектра различного вида импульсно-модулированных сигналов.

1. Теорема Котельникова и амплитудно-импульсная модуляция как ее физическая реализация.

2. Равномерное квантование. Шумы квантования, их физическая сущность. Пути уменьшения шумов квантования. Необходимость применения неравномерного квантования.

3. Типы кодов, применяемых для кодирования амплитуд отсчетов квантованных сигналов.

4. Линейный кодер взвешивания. Схема, принцип действия.

5. Нелинейный кодер взвешивания. Схема, принцип действия.

6. Принцип нелинейного кодирования.

7. Обобщенная структурная схема ЦСП на основе ИКМ с ВРК.

8. Дельта-модуляция(ДМ). Структурные схемы реализации различных видов ДМ.

9. Принцип регенерации цифровых сигналов. Схема, принцип действия цифрового регенератора.

Таблица 3

Число типовых каналов ГЧ, N	120	30	1920	12	24	480	15	960	240	48			
Нижняя граничная частота спектра сигнала, $f_n$ , кГц	60	0,3	0,0	312	0,05	0,0	812	12	12	60			
Верхняя граничная частота спектра сигнала, $f_b$ , кГц	108	3,4	1000	552	10	1,0	2044	24	252	96			
Амплитуда отсчета аналогового сигнала, $U_1$ , В	20,4	15,3	8,5	14,6	17,5	12,1	25,4	16,7	13,8	11,2			
Нижняя граница сигнала при дельта - модуляции, $U_{min}$ , В	-1,5	0	-0,7	-1,1	0,1	-1,4	-0,4	-0,2	-0,05	-0,15			
Верхняя граница сигнала при дельта - модуляции, $U_{max}$ , В	0	1,5	1,45	1,25	1,35	1,35	1,48	1,37	1,46	1,28			
Шаг квантования $\delta$ , В	Амплитуда отсчета аналогового	Время изменения сигнала, мс	Количество разрядов, m	Номера вариантов									
0,35	-12,3	1	5										
0,25	-15,4	10	6	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
0,40	-20,3	3	4	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0,70	-16,5	5	8	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0,75	-14,8	6	3	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
0,20	-18,7	2	11	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
0,30	-21,6	8	9	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
0,15	-11,5	4	7	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
0,80	-16,9	7	10	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
0,10	-22,3	9	12	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
				90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

Методические указания к выполнению второго задания.

Частотный спектр последовательности отсчетов  $U_{aим}$  содержит:

1. Модулирующий сигнал.
2. Гармоники частоты дискретизации
3. Боковые полосы частот около гармоник частоты дискретизации.

Если спектр исходного сигнала ограничен частотой  $f_{max}$ , то демодуляция АИМ сигнала возможна с помощью фильтра нижних частот, который выделяет только низкочастотную составляющую спектра. Этот фильтр должен иметь частоту среза  $f_{cp}=f_{max}$ . Выделить исходный сигнал возможно лишь в том случае, если выполняется условие теоремы Котельникова  $f_d=2f_{max}$  – это условие можно применить лишь для фильтров с идеальной характеристикой.

Для фильтров с реальной характеристикой и имеющих полосу расфилтровки:

$$f_d \geq 2 f_{max}.$$

Обычно  $f_d=(2,3 \dots 2,4) f_{max}$ .

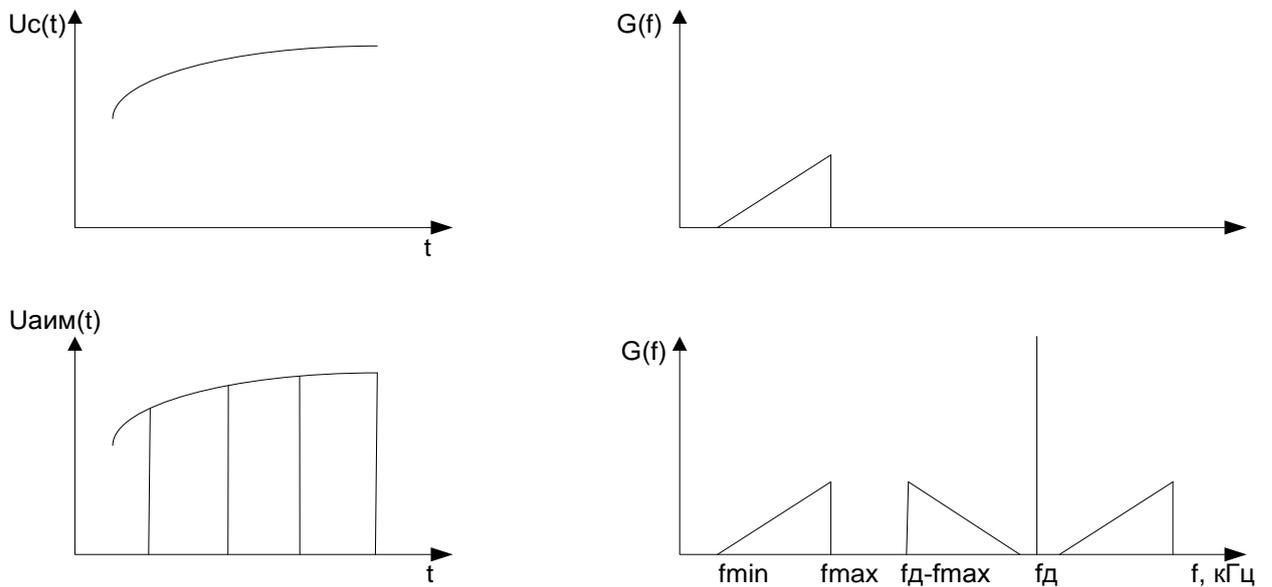


Рисунок 3. Графики первичного сигнала  $U_c(t)$ , его спектр, а так же амплитудно - импульсно модулированного сигнала  $U_{aim}(t)$  и его спектр

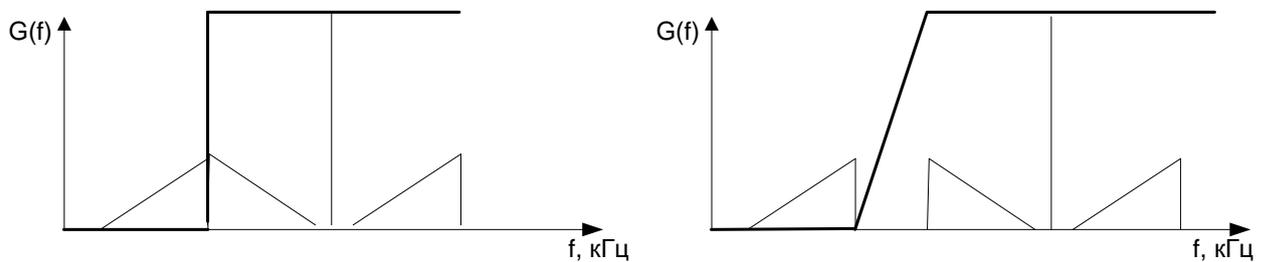


Рисунок 4. Пояснения к вопросу об искажениях при дискретизации АИМ сигнала

Если дискретизации подвергается сигнал со спектром  $0,3 \dots 3,4 \text{ кГц}$ , то  $f_d = 8 \text{ кГц}$ . Полоса расфилтровки такого фильтра  $\Delta f_p = 1,2 \text{ кГц}$ , что снижает требования к крутизне нарастания затухания ФНЧ. Следовательно, стандартная частота дискретизации сигналов тональной частоты ЦСП  $f_d = 2 f_{max}$ , отсюда  $T_d = 1/f_d = 125 \text{ мкс}$ .

Если дискретизации подвергается т.н. «узкополосный» сигнал, у которого  $f_{\theta}/f_n < 2$  (в отличие от «широкополосных» сигналов  $f_{\theta}/f_n > 2$ ), то в этом случае частота дискретизации:

$$f_{\theta} \leq f_d \leq 2f_n.$$

В этом случае спектральная диаграмма АИМ сигнала будет иметь вид:

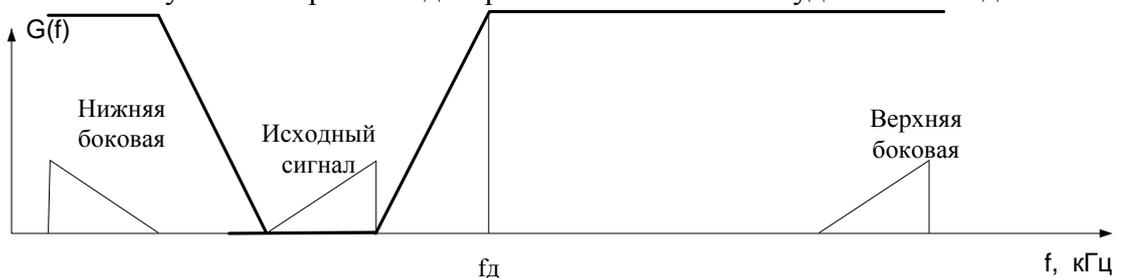


Рисунок 5. Спектральная диаграмма при дискретизации «узкополосных» сигналов

Как видно из рис. 5, для восстановления исходного сигнала необходимо иметь уже не ФНЧ, а полосовой фильтр.

2. Для кодирования разнополярных импульсов используют натуральный и симметричный коды.

*Натуральный код.*

Максимальное по абсолютной величине значение сигнала может быть как положительной, так и отрицательной полярности. Значению максимально возможной амплитуды отсчетов с отрицательным знаком присваивается значение 0 уровня, возрастающие номера уровней присваиваются следующим через шаг квантования значениям квантованных отсчетов.

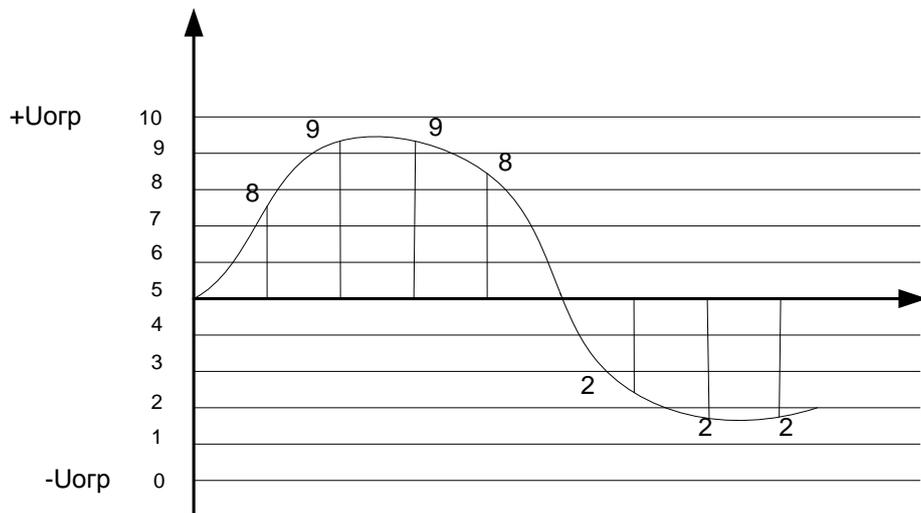


Рисунок 6. Натуральное кодирование

Число уровней квантования может быть определено

$$L_{\text{нат}} = \frac{2|U_{\text{огр}}|}{\delta} + 1$$

Число импульсов в кодовой группе

$$m = \lceil \log_2 L_{\text{нат}} \rceil - \text{ближайшее целое число в большую сторону.}$$

Вид кодовой группы для любого отсчета, достигшего разрешенного уровня квантования (N) определяют из выражения:

$$N = \sum_{i=1}^m a_i \cdot 2^{m-i},$$

где  $a_i$  – кодовая группа (1 или 0)  $i$ -го разряда.

*Симметричный код*

Отсчет шагов квантования начинается от нулевого значения сигнала в сторону положительных и отрицательных значений его амплитуд.

Число уровней квантования:

$$L_{\text{нат}} = \frac{|U_{\text{огр}}|}{\delta}$$

При кодировании разнополярных импульсов старший разряд кодовой группы – знаковый (1- положительной полярности отсчетов, 0 – для отрицательной). Остальные разряды кодовой группы определяют номер уровня квантования, которого достиг сигнал в положительной или отрицательной области.

$$m = \lceil \log_2 L_{\text{нам}} \rceil + 1, \quad N = a_1 + \sum_{i=2}^m a_i \cdot 2^{m-i}.$$

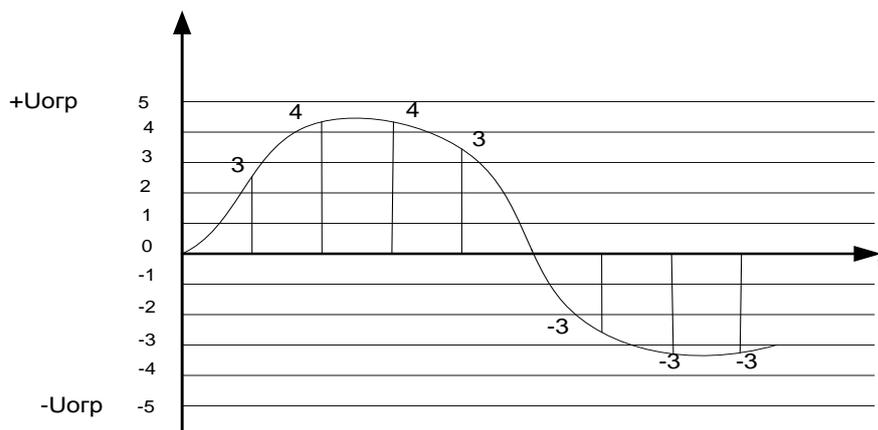


Рисунок 7. Симметричное кодирование

Ошибка квантования может быть определена как

$$\xi_{\text{кв}}(t) = U_{\text{аим}}(t) - U_{\text{кв}}(t)$$

Максимальная ошибка квантования.

3. Дельта-модуляция (ДМ) представляет один из методов кодирования разностного сигнала, при котором в линию передается информация лишь о знаке приращения разности соседних отсчетов (предельный случай ДИКМ).

При ДМ так же, как и при обычной ИКМ, непрерывный сигнал подвергается дискретизации и квантованию, в результате чего непрерывная функция  $c(t)$  заменяется ступенчатой (кусочно-постоянной) функцией  $G(T)$ , рис. 8,а.

Период дискретизации при дельта - модуляции:

$$T_{\delta} = \frac{1}{f_{\delta}}.$$

Количество отсчетов  $n = \frac{t}{T_{\delta}}.$

Шаг дельта - модуляции  $\Delta = \frac{\Delta U}{n}.$

4. Тактовая частота группового ИКМ сигнала  $f_{\tau} = N \cdot f_{\text{д}} \cdot m.$

Ширина спектра группового спектра в СП с ЧРК  $f_{\Sigma} = \Delta f_{\text{к}} \cdot N$ , где  $\Delta f_{\text{к}}$  – полоса частот, отводимая на один канал в СП с ЧРК.

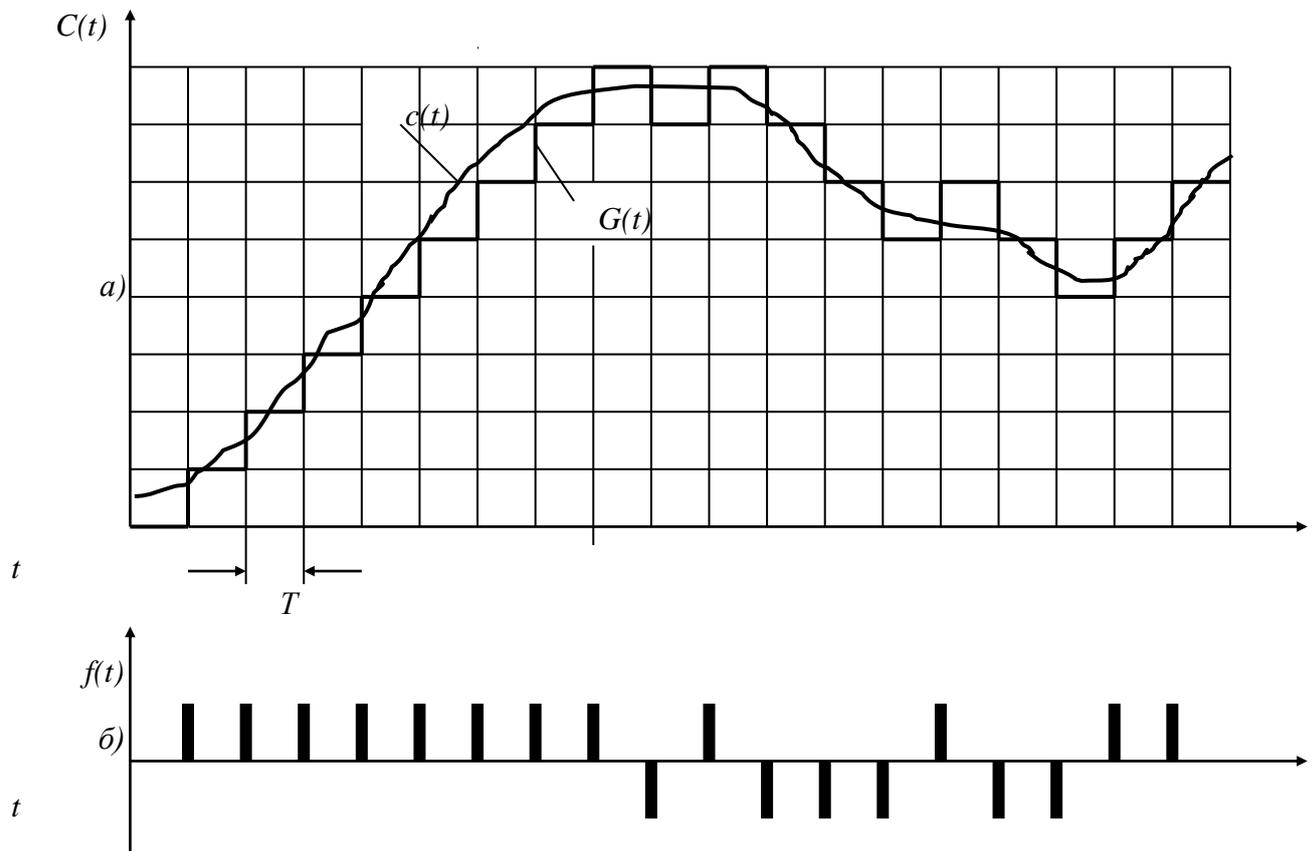


Рисунок 8. Дельта-модуляция

**Вопросы к зачету в 5 семестре**  
по дисциплине «Транспортные проводные системы связи»

Для успешной сдачи зачета студент должен свободно владеть основными понятиями и определениями, охватывающими дисциплину ТПСС, понимать их физическую сущность. Знать ответы на следующие вопросы и уметь вывести основные аналитические выражения, формулы и применять их к решению задач.

1. Принцип построения ТПСС. Блок схема
2. Назначение КОО в тракте передачи ТПСС. Схема тракта передачи.
3. Какова скорость передачи основного цифрового канала?.
4. Назначение ДС?
5. Назначение ФНЧ в тракте передачи?
6. Какую функцию в тракте передачи выполняет амплитудный ограничитель (усилитель – ограничитель)?
7. Схема преобразования АИМ-1 в АИМ-11. С какой целью преобразуют АИМ - 1 в АИМ - 11?
8. С какой целью применяют нелинейную шкалу квантования АИМ сигнала?
9. Из каких, составляющих состоит спектр АИМ - сигналов?
10. ИКМ. Этапы преобразования аналоговых сигналов в цифровые?
11. Как можно уменьшить погрешность квантования?

12. С какой целью в ТПСС производится преобразование группового ИКМ - сигнала в линейный цифровой сигнал?
13. Какие действия осуществляет кодирующее устройство?
14. Кодер ТПСС. Назначение. Схемы. Принцип работы.
15. Чему равен коэффициент компрессии А.
16. Сколько эталонных значений сигналов формирует генератор эталонных токов?
17. Сколько канальных интервалов формируется на выходе кодера в тракте передачи?
18. Какой вид кода предпочтительней использовать для кодирования телефонных сигналов?
19. Какой вид амплитудной характеристики формируют цифровые компандеры?
20. Назначение УВУ?
21. Чему равен период дискретизации в ТПСС с ИКМ?
22. Назначение канального селектора (КС) в тракте приема. Схема Принцип работы.
23. Причины переходных помех между каналами в АИМ – тракте?
24. Назначение КОО в тракт приема ТПСС. Схема тракта приема.
25. Декодер ТПСС. Назначение. Схемы. Принцип работы.
26. В каком сегменте находится АИМ отсчет, если принятая кодовая группа имеет вид: 00001111?
27. Какую функцию в тракте приема выполняет ФНЧ?
28. Оборудование сопряжения (ОС) в тракте передачи ТПСС. Назначение. Обоснование.
29. Какие блоки входят в состав оборудования сопряжения в тракте приема?
30. С какой целью в ТПСС используются регенераторы?
31. Регенератор ТПСС. Назначение, принцип работы.
32. Методы уплотнения ОВ. Основной метод уплотнения ТПСС.
33. Структура цикл передачи первичного цифрового потока Е1.
34. Какова длительность цикла первичной ТПСС?
35. Чему равна частота следования канальных импульсов первичной ТПСС?
36. С какой целью организуются сверхциклы? Сколько всего циклов в сверхцикле ПЦП?
37. Какой сигнал передается в нулевом цикле КИ 16?
38. Какой сигнал передается в четных циклах КИ0?
39. Чему равно число канальных интервалов в цикле ПЦП?
40. Виды синхронизации в ЦСП с ИКМ. Принцип синхронизации
41. В какой части системы синхронизации формируется синхросигнал?
42. Что в себя включает система тактовой синхронизации?
43. Устройство выделения тактовой частоты. Схема. Принцип работы.
44. Цикловая синхронизация. Назначение. Схема. Принцип работы.
45. Сверхцикловая синхронизация. Назначение. Схема. Принцип работы.
46. Чему равна частота синхросигнала цикловой синхронизации первичной ЦСП?
47. Принципы временного группообразования. Формирование цифровых потоков Е2, Е3, и Е4.
48. Синхронное объединение цифровых потоков. Схема. Принцип работы
49. Асинхронное объединение цифровых потоков. Схема. Принцип работы
50. Какое оборудование объединения цифровых потоков обладает лучшими техническими характеристиками?
51. В какой системе применяется команда согласования скоростей при объединении ЦП?
52. Отличительная особенность метода синхронного объединения цифровых потоков от синхронного?
53. Генераторное оборудование. Принцип построения.
54. Назначение и частота и следования цикловых импульсов, вырабатываемых ГО:
55. Назначение разрядных импульсных последовательностей ГО?

56. Назначение синхросигналов. Виды синхросигналов.

57. Формирование импульсов с тактовой частотой.

Способы синхронизации генераторного оборудования в тракте приема ТПСС

58. Основной принцип построения линейных трактов ТПСС?

60. Какие виды искажений приводят к взаимным влияниям между каналами в системах с ВРК: