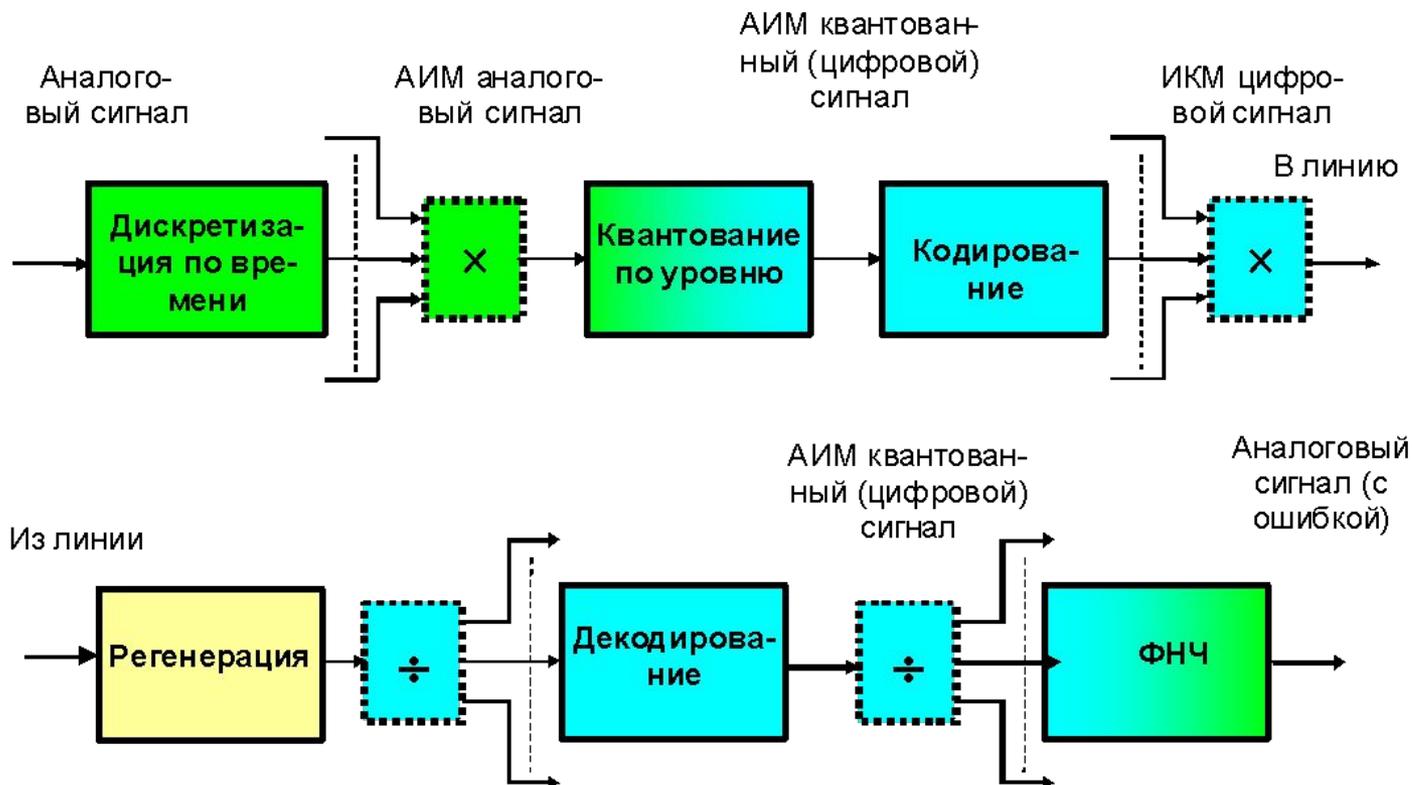


Рабочий график

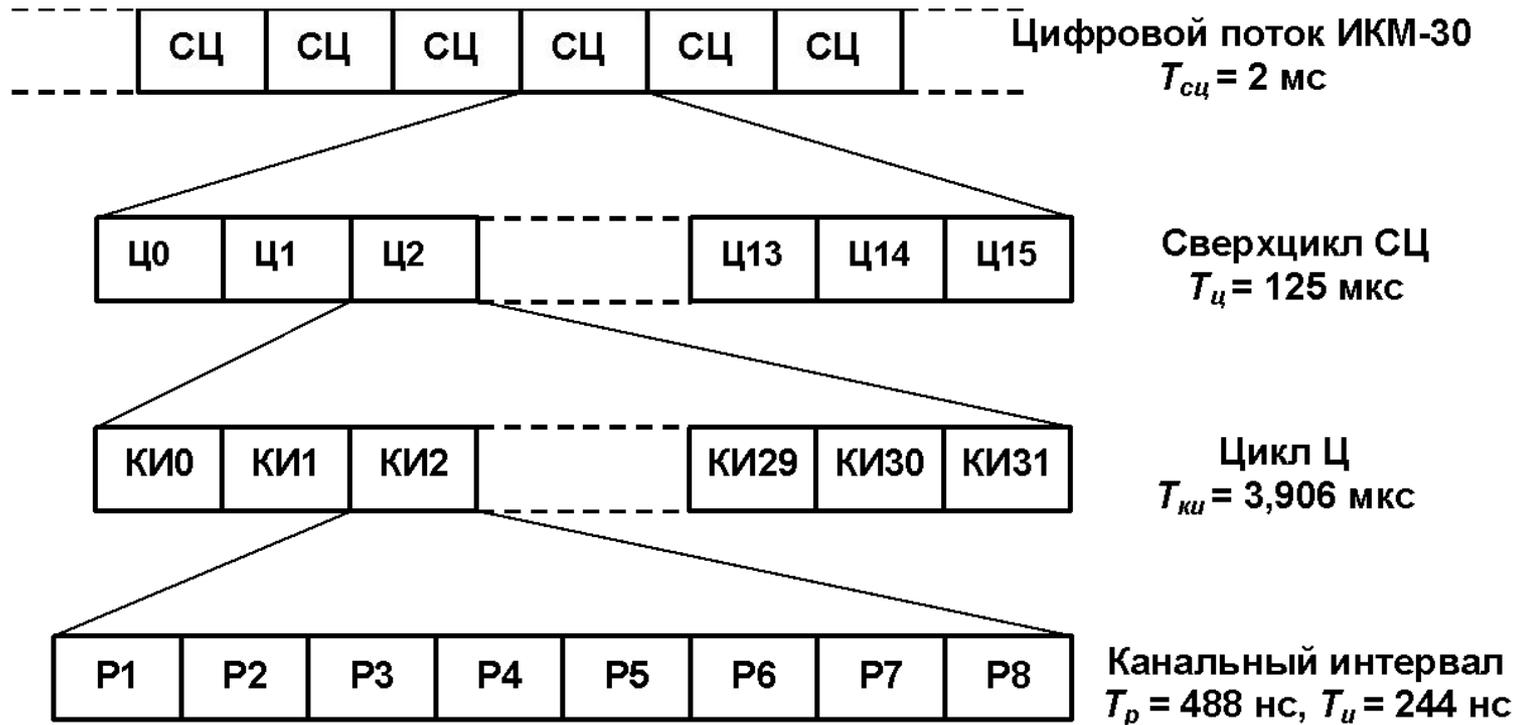
		Недели																					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
		6-й семестр																					
МТС	Лек	24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Экз			
	ЛР	14		2		2		2		2		2		2		2		2		Зач			
	ПрЗ	22	2		2		2		2		2		2		2		2		2				
		7-й семестр																					
МТС	Лек	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Экз	
	ЛР	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	ПрЗ	18	2		2		2		2		2		2		2		2		2		2	КР	
ПЭСП	Лек	18		2		2		2		2		2		2		2		2		2		Зач	
	ПрЗ	24	2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		
		8-й семестр																					
ПЭСП	Лек	10	2		2		2		2		2		2		2		2		2		Экз.		
	ПрЗ	20			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	КП		

Цифровая телекоммуникационная система



1. Дискретизация по времени
2. Квантование по уровню
3. Кодирование/декодирование
4. Регенерация R3
5. Мультиплексирование
6. Синхронизация (тактовая и кадровая)

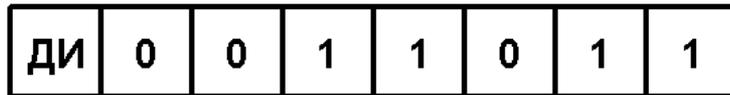
Структура первичного цифрового потока Е1 (2,048 Мбит/с)



T_{cy} , T_{cy} , T_{ky} , T_p , T_u - длительности сверхцикла, цикла, канального интервала, разрядного интервала, импульса соответственно

Структура канальных интервалов КИ0 и КИ16 в цикле ИКМ-30

Канальный интервал КИ0



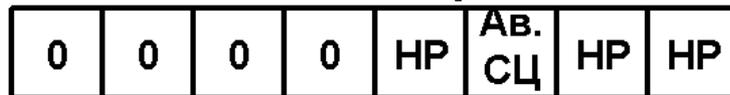
в четных
циклах

Цикловой синхросигнал



в нечетных
циклах

Канальный интервал КИ16



в цикле Ц0

Сверхцикловой
синхросигнал



в циклах
Ц1...Ц15

Каналы
1...15

Каналы
17...31

Ав. ЦС – потеря циклового синхросигнала;

Ав. СЦС – потеря сверхциклового синхросигнала;

ДИ – канал передачи дискретной информации;

СК – сигнальный канал;

ОЗ – сигнал контроля остаточного затухания;

НР – биты, зарезервированные для нужд национальной сети

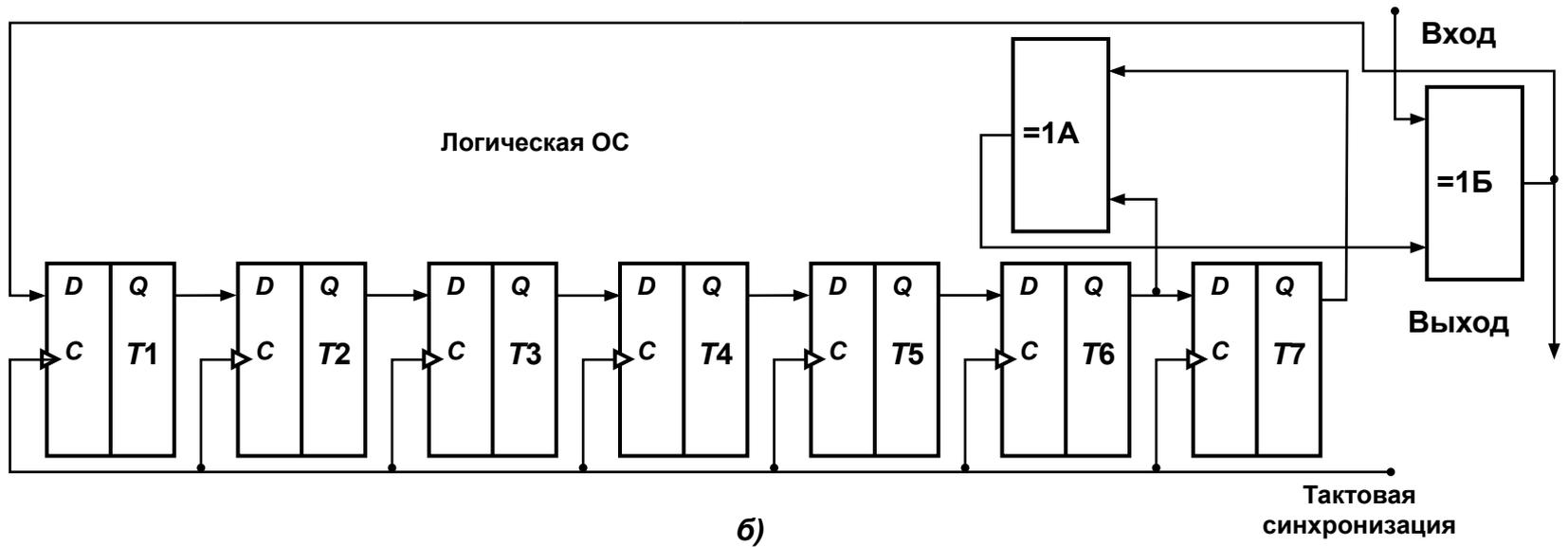
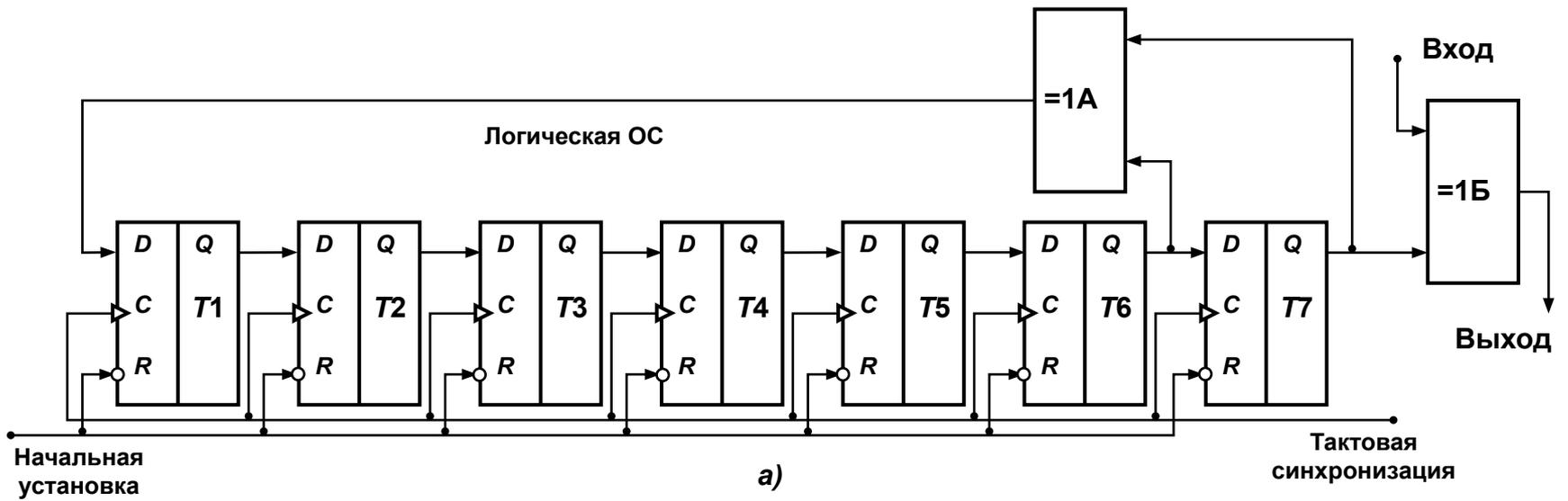
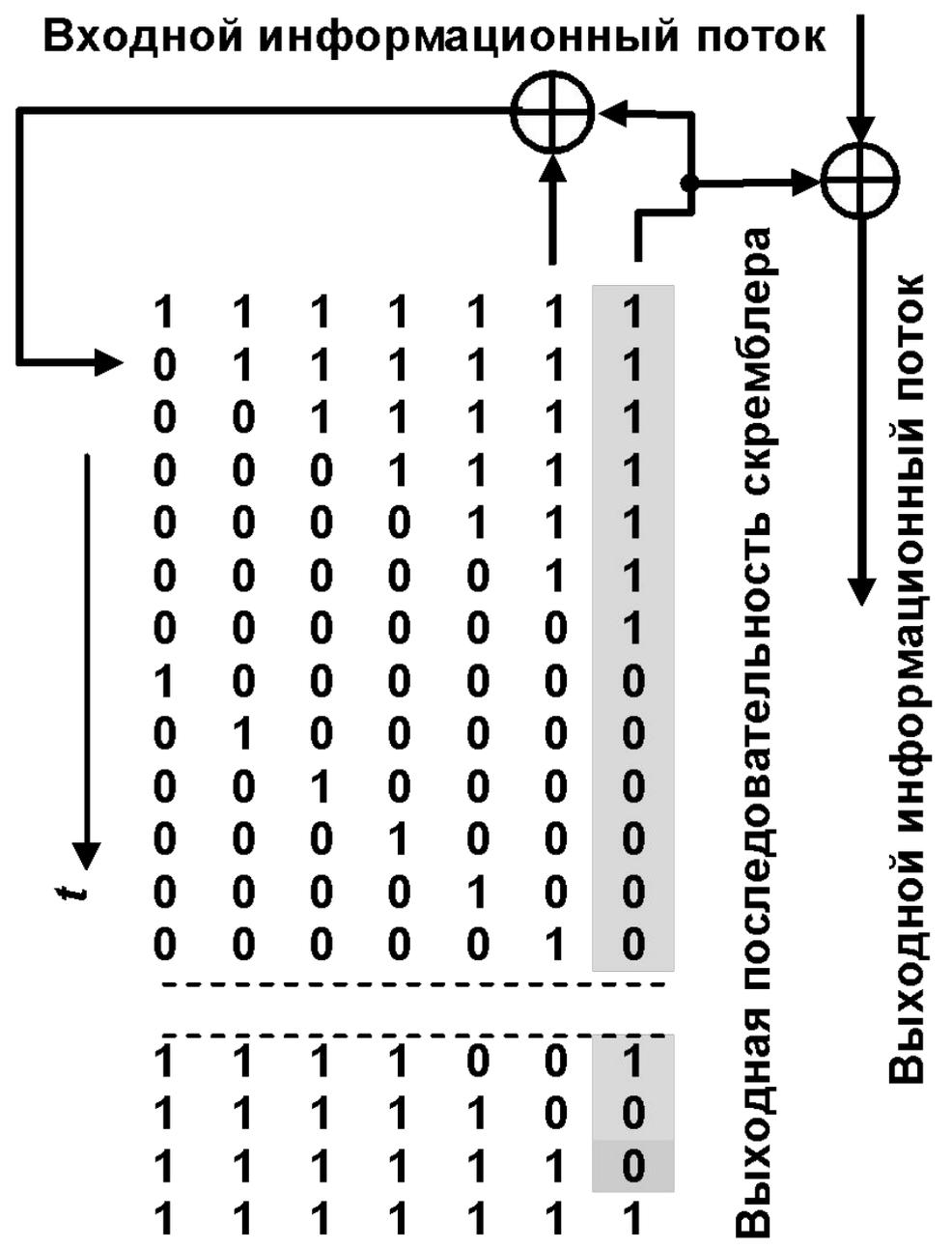
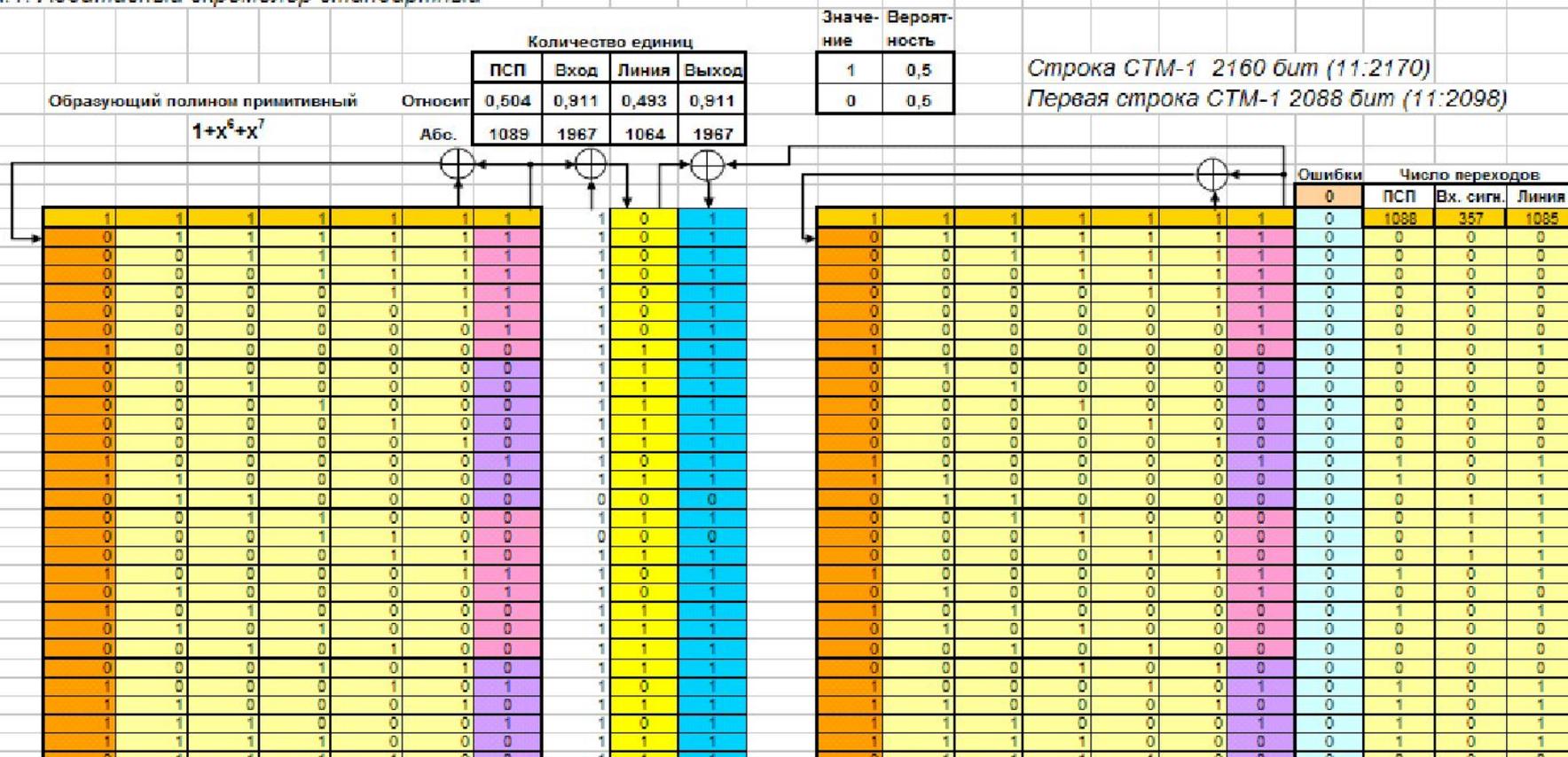


Рис.1 Реализация скремблера/дескремблера:
 а) аддитивного, б) самосинхронизирующегося.

Принцип скремблирования



7а.1. Аддитивный скремблер стандартный



7а.3. Самосинхронизирующий скремблер (2 связи)

Количество единиц		
Вход	Линия	Выход
0,0886	0,488	0,088
Абс.	213	1054
		212

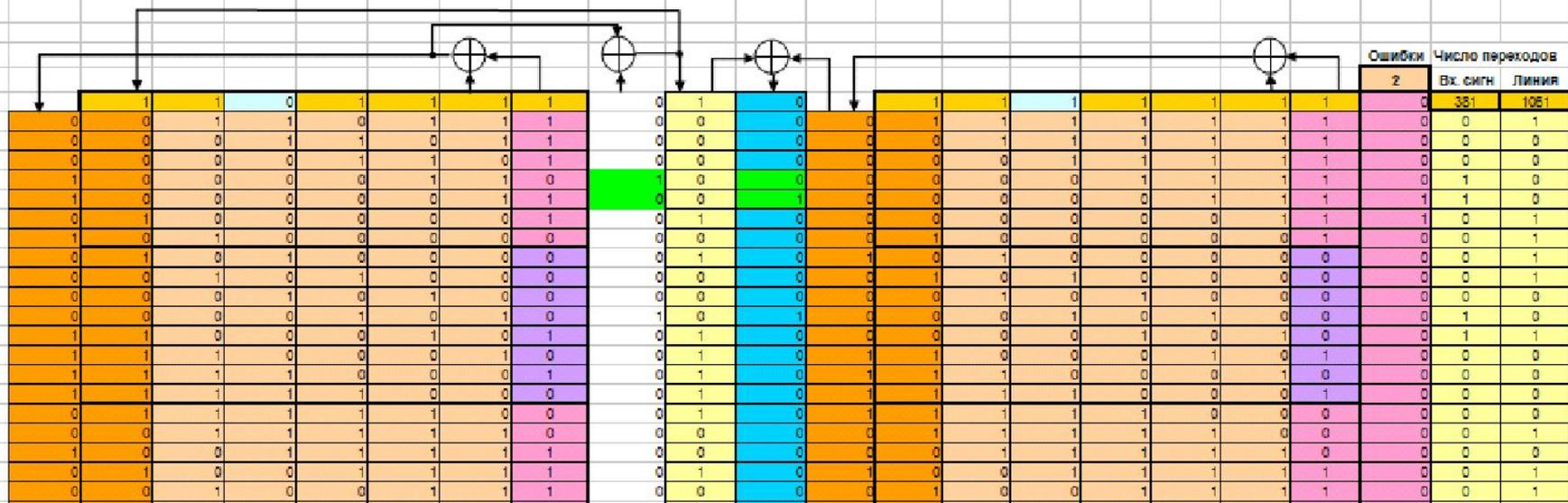
Значение	Вероятность
1	0,1
0	0,9

Строка СТМ-1 2160 бит (11:2170)

Первая строка СТМ-1 2088 бит (11:2098)

Образующий полином
 $1+x^2+x^3$

Относит.
Абс.



Деление полиномов по модулю 2

делимое										делитель				
1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
X^9+	X^8+			X^5+		X^3+	X^2+		1	X^4+			$X+$	1
-	X^9+		X^6+	X^5						X^5+	X^4+	X^2+	$X+$	1
			X^6+	X^5	X^4	X^3+	X^2+		1	частное				
	-	X^8+		X^6+	X^5+	X^4+	X^3+	X^2+						
				X^5+	X^4				1	частное				
			-	X^6+	X^5+	X^4+	X^3+	X^2+						
				X^6+			X^3+	X^2		частное				
					X^5+	X^4+			1					
				-	X^5+	X^4+		X^2+	X	частное				
					X^5+			X^2+	X					
						X^4+		X^2+	$X+$	частное				
						X^4+			$X+$					
									1	частное				
									1					
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				
										частное				

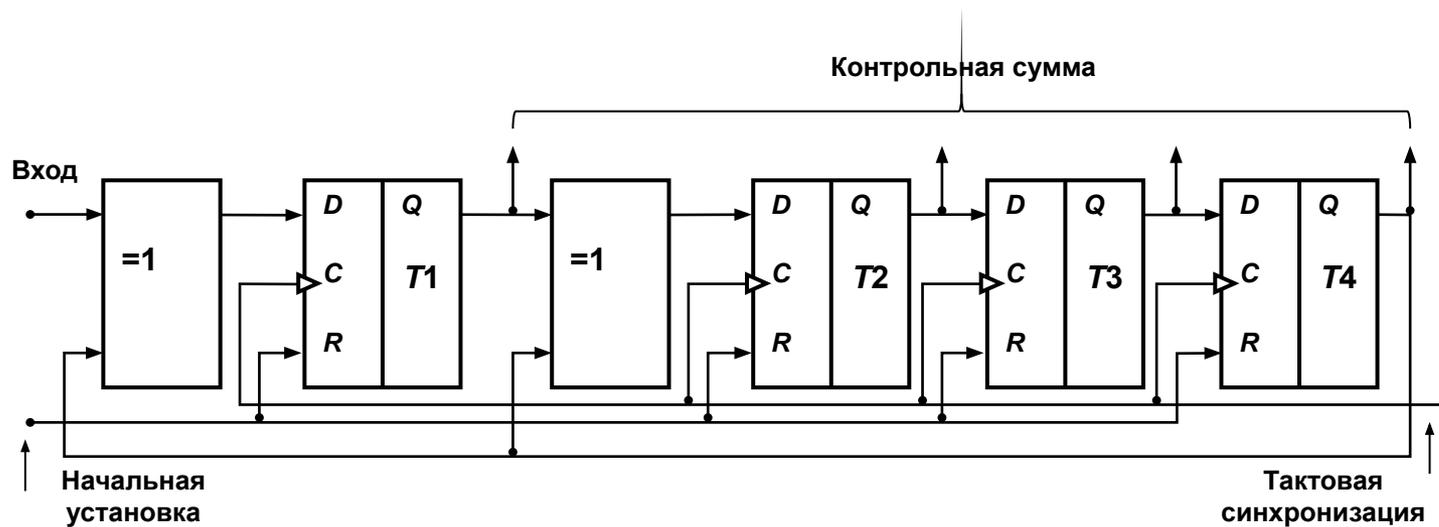


Рис. 3. Реализация устройства CRC-4

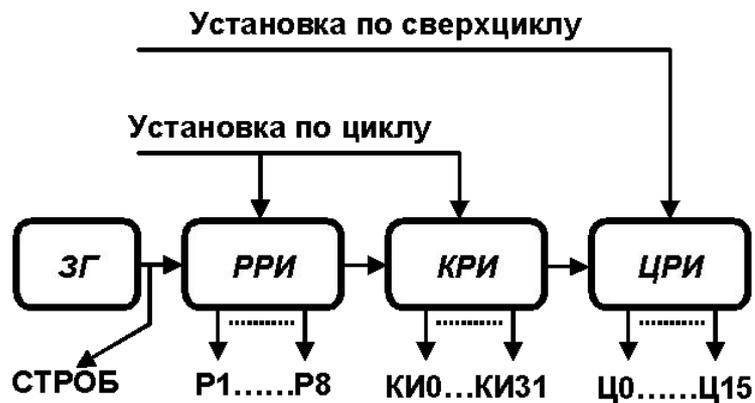
Номер такта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Входной бит	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	-	
Состояние триггеров	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
	2	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0
	3	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1
	4	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0

Структура КИО циклов РСМ-30(31)С при применении проверочного кода CRC-4

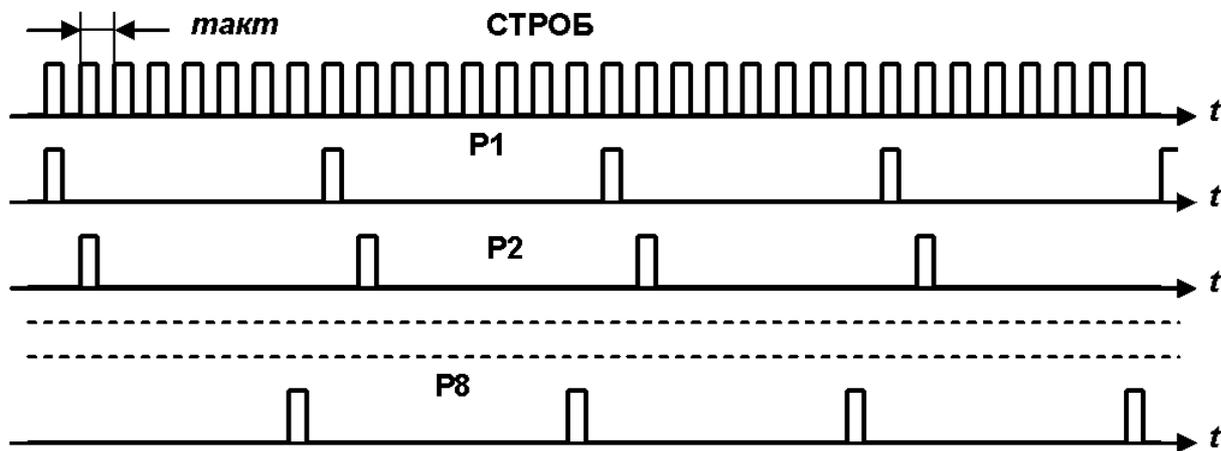
Сверх-цикл	Под-сверх-цикл	Цикл	Канальный интервал КИО							
			№№ битов							
			1	2	3	4	5	6	7	8
	№1	0	C1	0	0	1	1	0	1	1
		1	1	1	A	N	HP5	HP6	HP7	HP8
		2	C2	0	0	1	1	0	1	1
		3	0	1	A	N	HP5	HP6	HP7	HP8
		4	C3	0	0	1	1	0	1	1
		5	1	1	A	N	HP5	HP6	HP7	HP8
		6	C4	0	0	1	1	0	1	1
	7	0	1	A	N	HP5	HP6	HP7	HP8	
	№2	8	C1	0	0	1	1	0	1	1
		9	1	1	A	N	HP5	HP6	HP7	HP8
		10	C2	0	0	1	1	0	1	1
		11	1	1	A	N	HP5	HP6	HP7	HP8
		12	C3	0	0	1	1	0	1	1
		13	E1	1	A	N	HP5	HP6	HP7	HP8
		14	C4	0	0	1	1	0	1	1
15		E2	1	A	N	HP5	HP6	HP7	HP8	

Результат в биты C
 следующего сверхцикла

Структурная схема ГО (а) и диаграммы формирования разрядных импульсов (б)

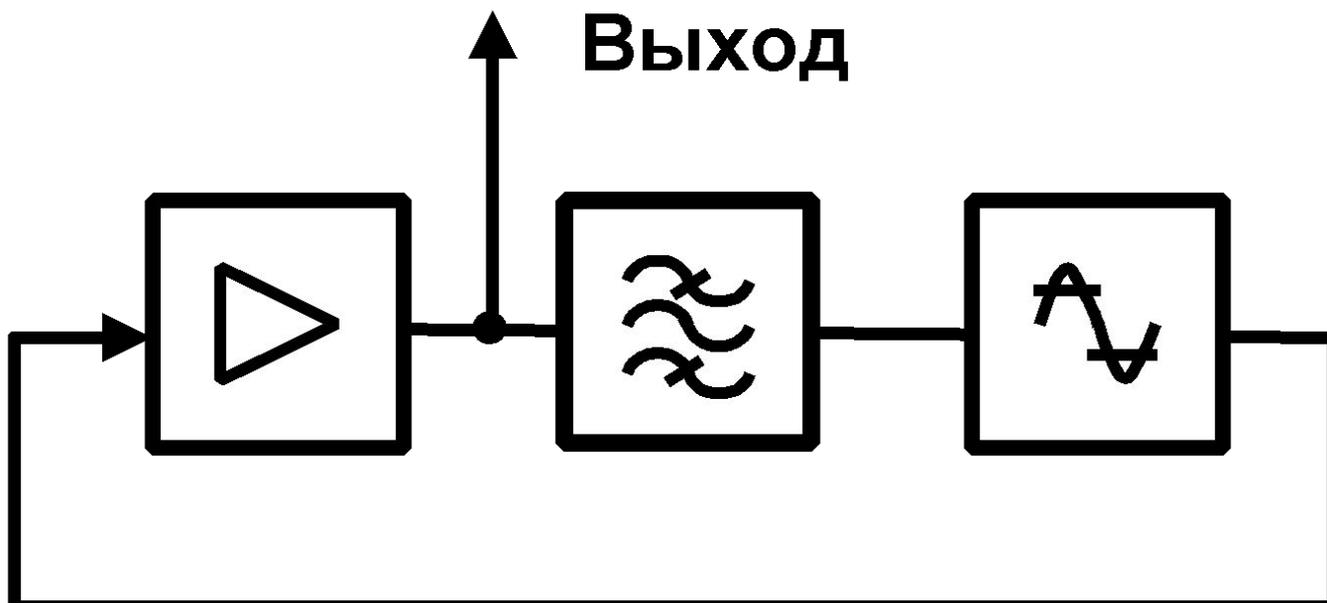


а)



б)

Эквивалентная схема задающего генератора



$$S_i = \sum_{i=1}^n S_i = 0, \quad \varphi_i = \sum_{i=1}^n \varphi_i = 2m\pi$$

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i(\omega_0, \gamma + \Delta\gamma) = 2m\pi + \Delta\varphi(\omega_0, \gamma + \Delta\gamma) \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i(\omega_0 + \Delta\omega, \gamma + \Delta\gamma) = 2m\pi$$

По формуле Тэйлора при $\Delta\omega \ll 1$

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i(\omega_0, \gamma + \Delta\gamma) + \Delta\omega \sum_{i=1}^n \frac{\partial \varphi_i(\omega)}{\partial \omega} = 2m\pi \quad (2)$$

Вычитая (2) из (1), получаем

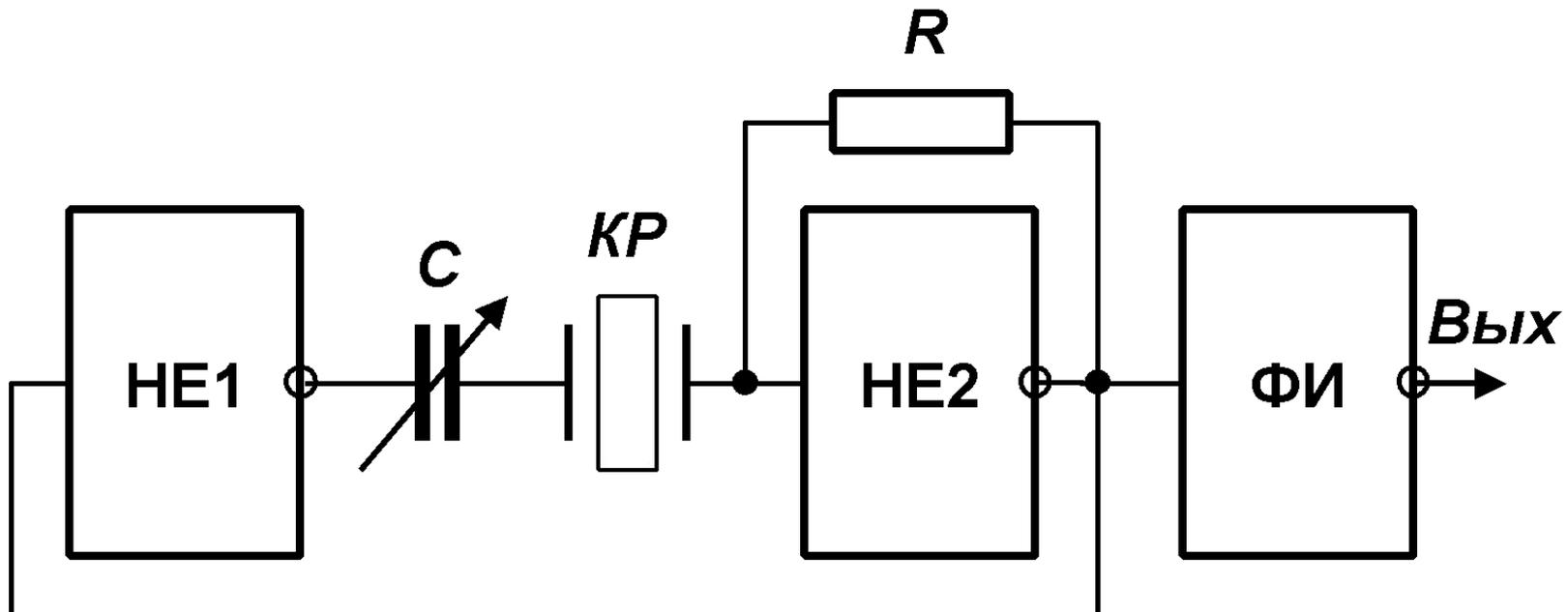
$$\Delta\omega \sum_{i=1}^n \frac{\partial \varphi_i(\omega)}{\partial \omega} = -\Delta\varphi(\omega_0, \gamma + \Delta\gamma)$$

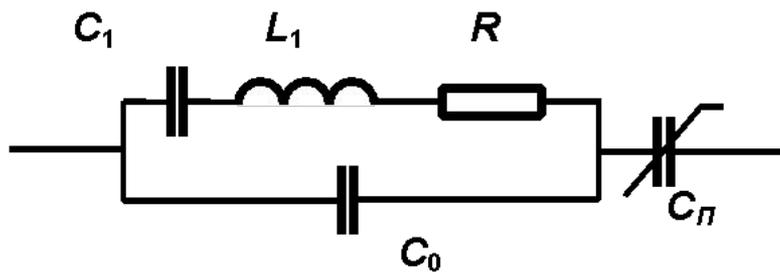
Разделив обе части равенства на ω_0 и Σ левой части получаем окончательно

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = - \frac{\Delta\varphi(\omega_0, \gamma + \Delta\gamma)}{\omega_0 \sum_{i=1}^n \frac{\partial\varphi_i(\omega)}{\partial\omega}} \quad (3)$$

Знаменатель правой части – *фиксирующая способность генератора*

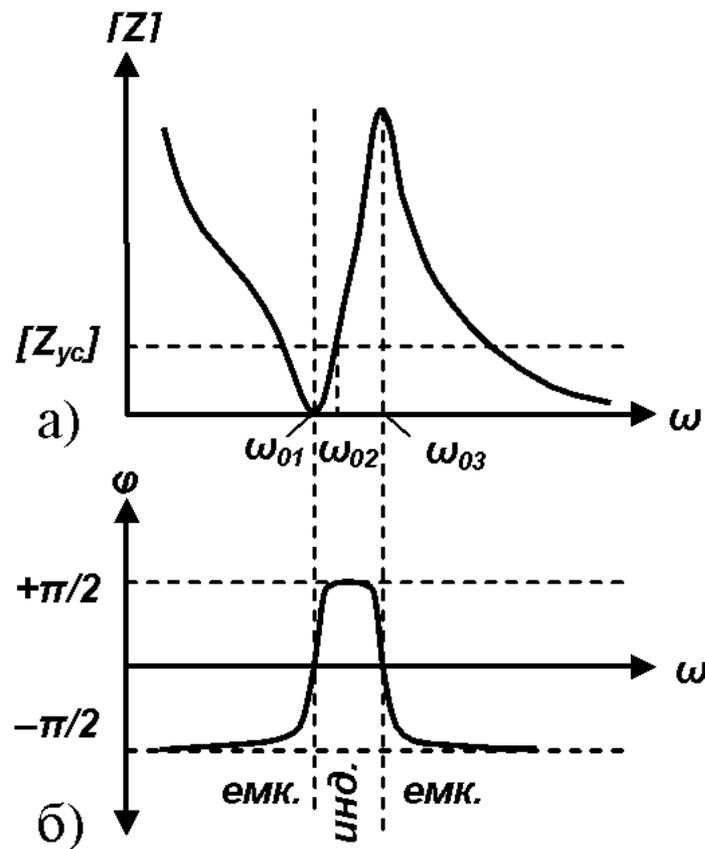
ЗГ на цифровых элементах



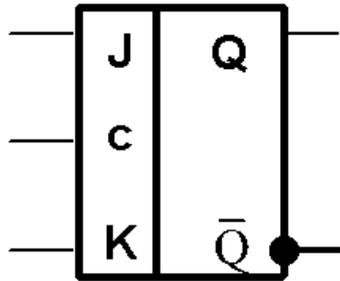


Эквивалентная схема кварцевого резонатора

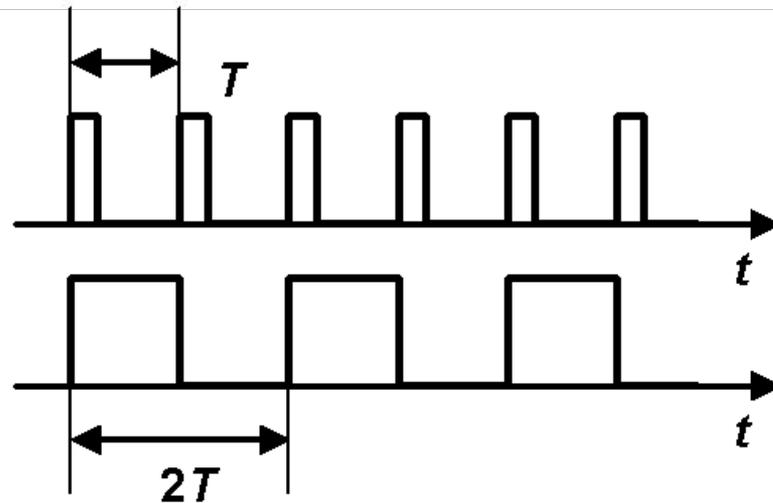
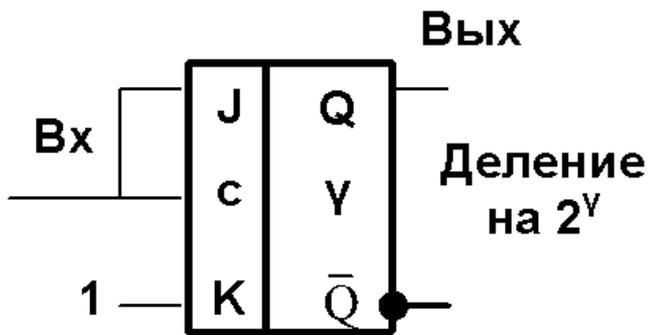
Частотные характеристики кварцевого резонатора: модуль полного сопротивления (а), фазовая (б).



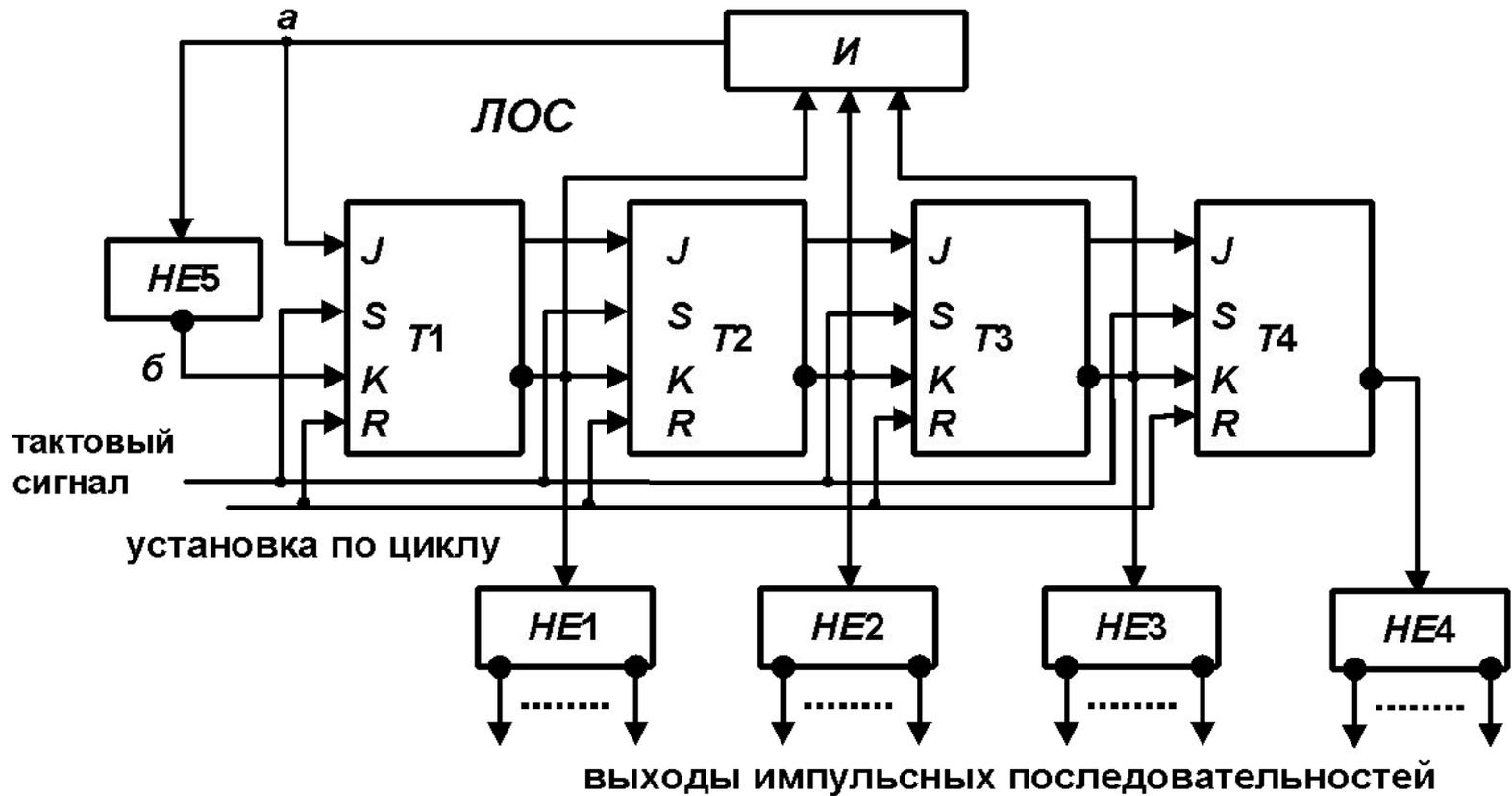
JK-триггер



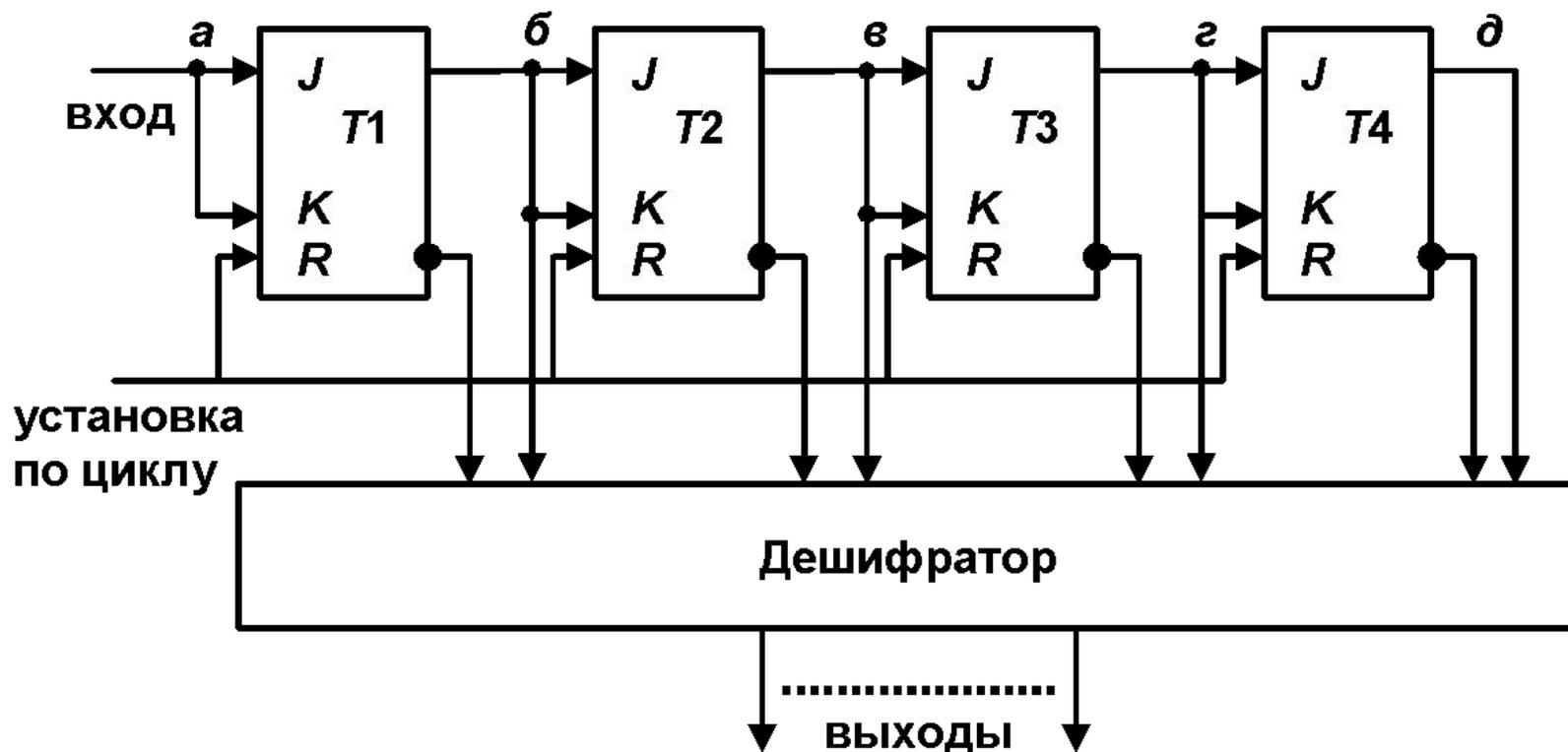
c	J	K	Q	
1	0	0	Q^n	хранение
1	1	0	1	уст. 1
1	0	1	0	уст. 0
1	1	1	Q^n	счет 1→0 0→1
0	для любых		Q^n	хранение



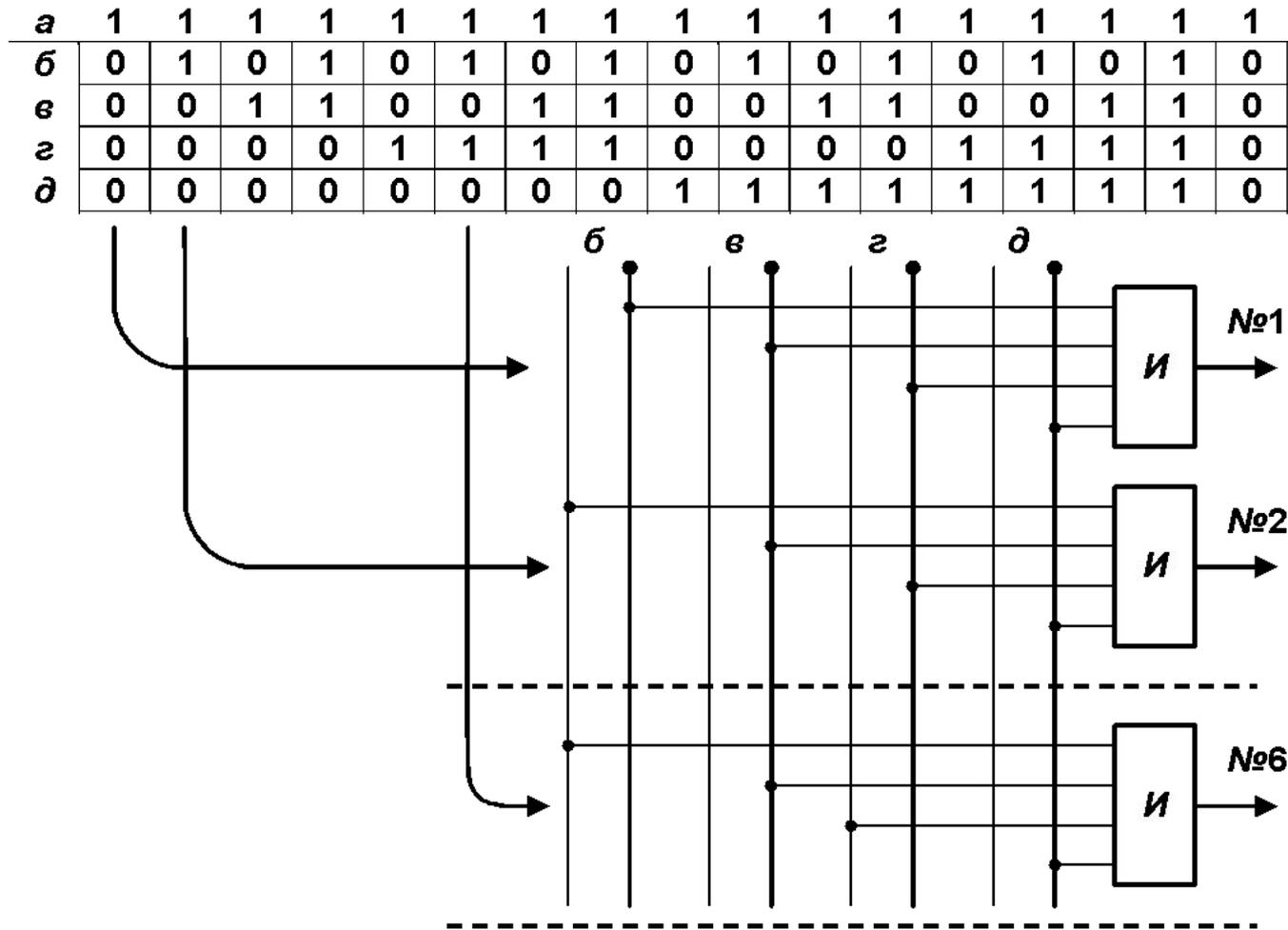
Распределитель импульсных последовательностей с логической обратной связью



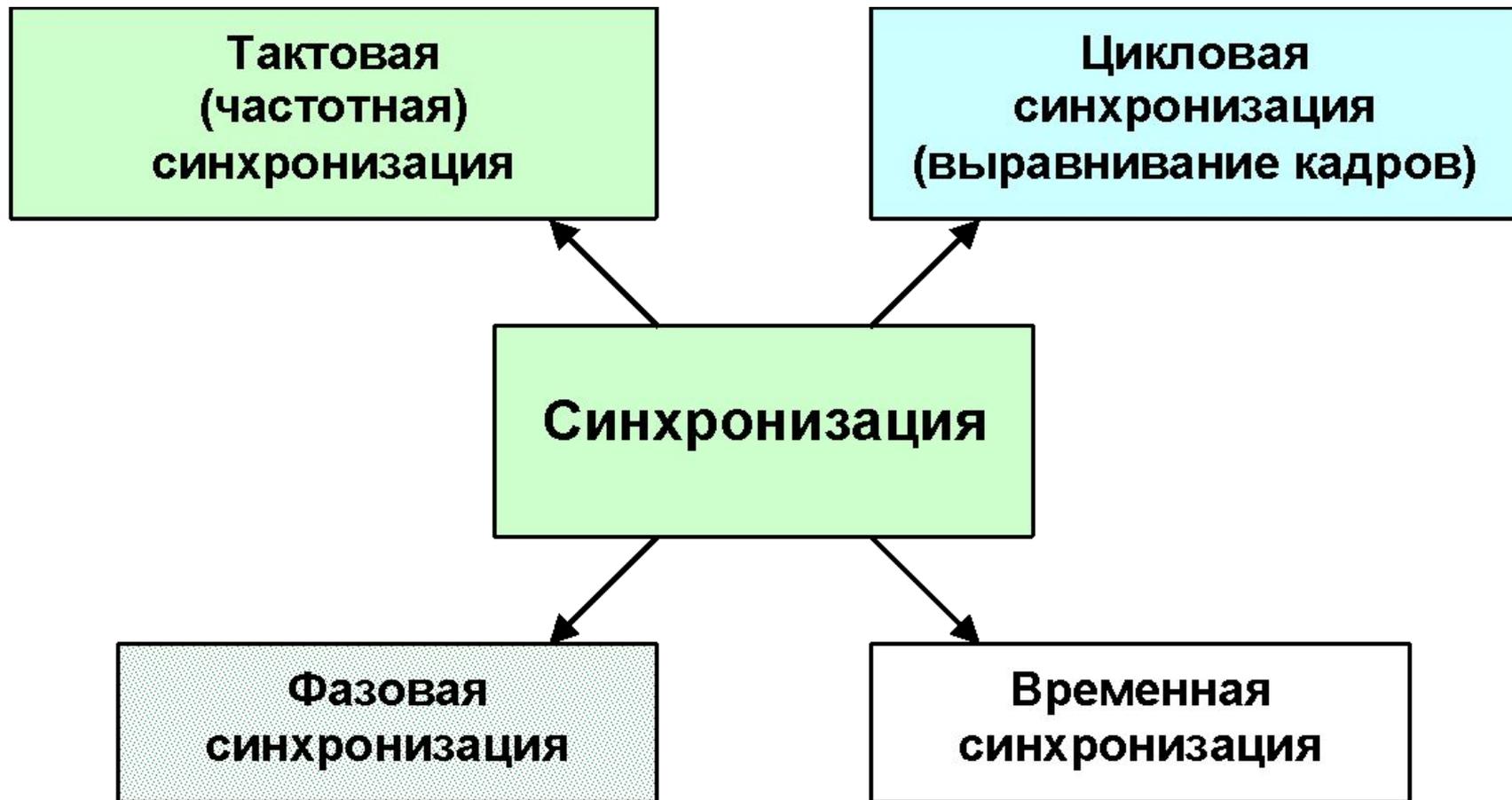
Распределитель импульсных последовательностей с дешифратором



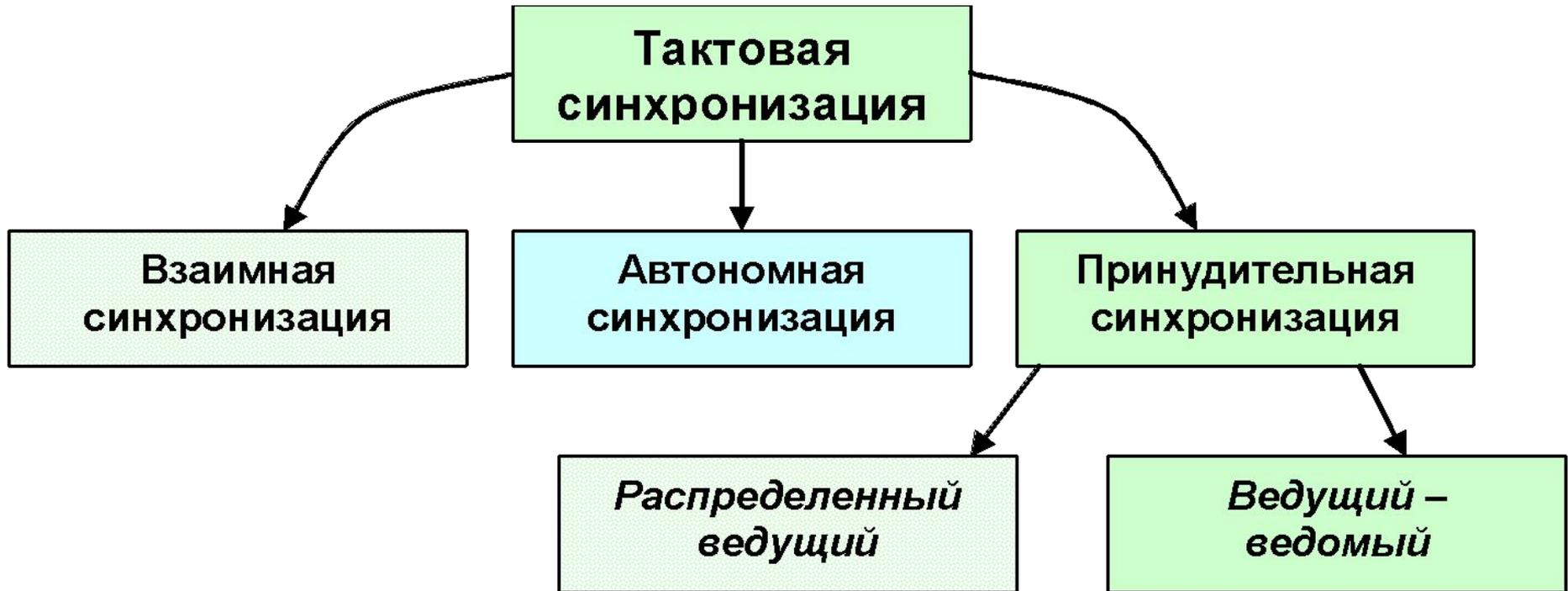
Фрагмент схемы дешифратора



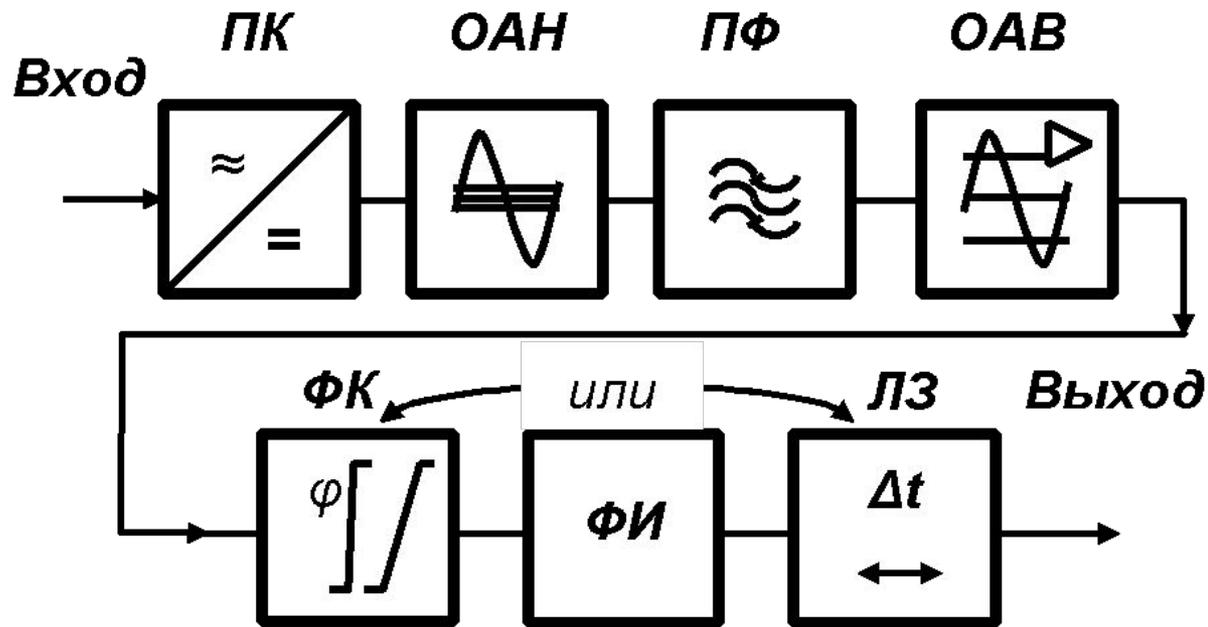
Виды синхронизации



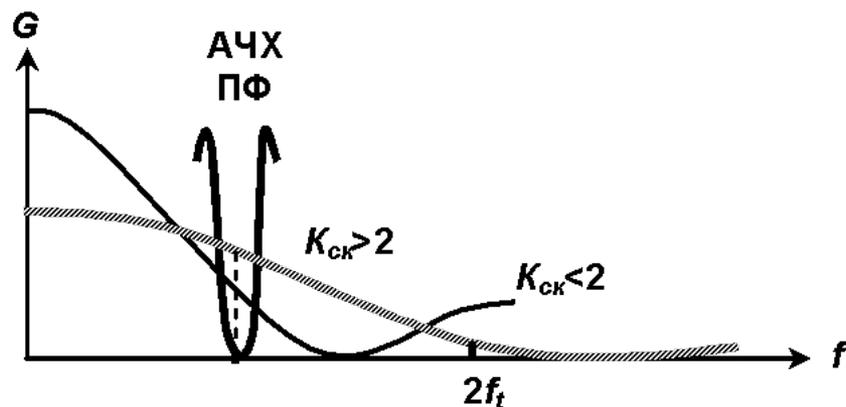
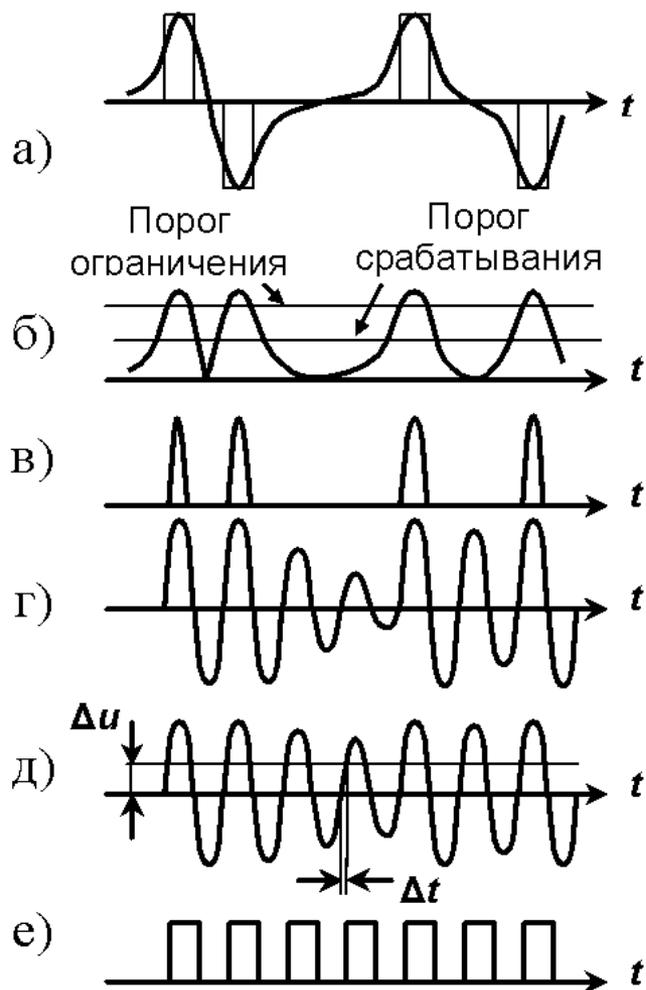
Виды тактовой синхронизации



Функциональная схема выделителя тактовой частоты (ВТЧ)



Форма сигнала в различных точках ВТЧ



Огибающие спектров сигнала до ($K_{сч} > 2$) и после ($K_{сч} < 2$) ОАН

$$N_{cp} = f_0 / \Delta f_{20}$$

ИКМ-480

$f_0 = 34368$ кГц,

$2\Delta f_{20} = 17$ кГц,

$N_{cp} \approx 4000$.

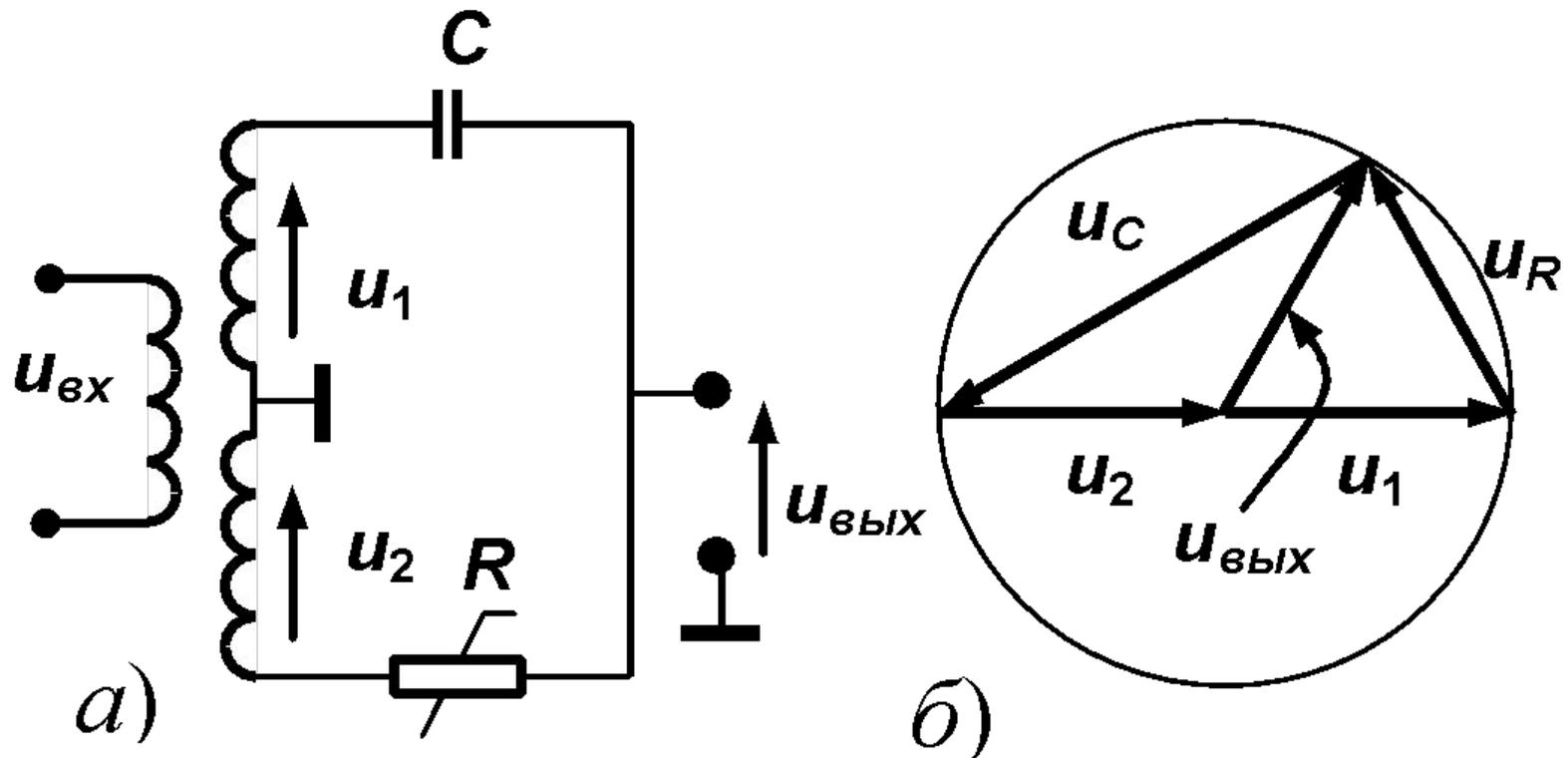
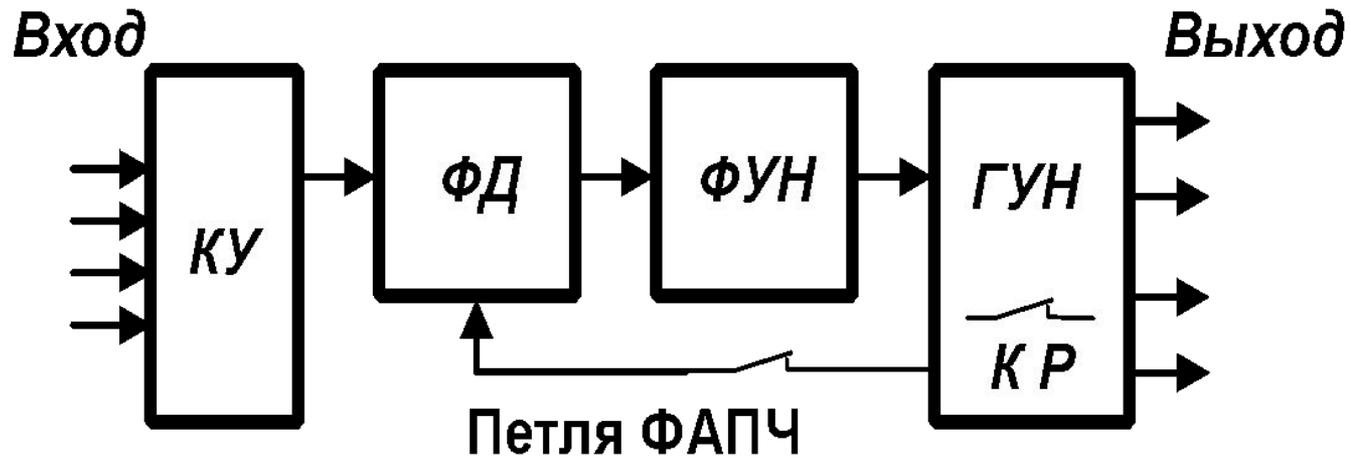


Схема аналогового фазового корректора (а) и его векторная диаграмма (б)

Структурная схема генератора с принудительной синхронизацией

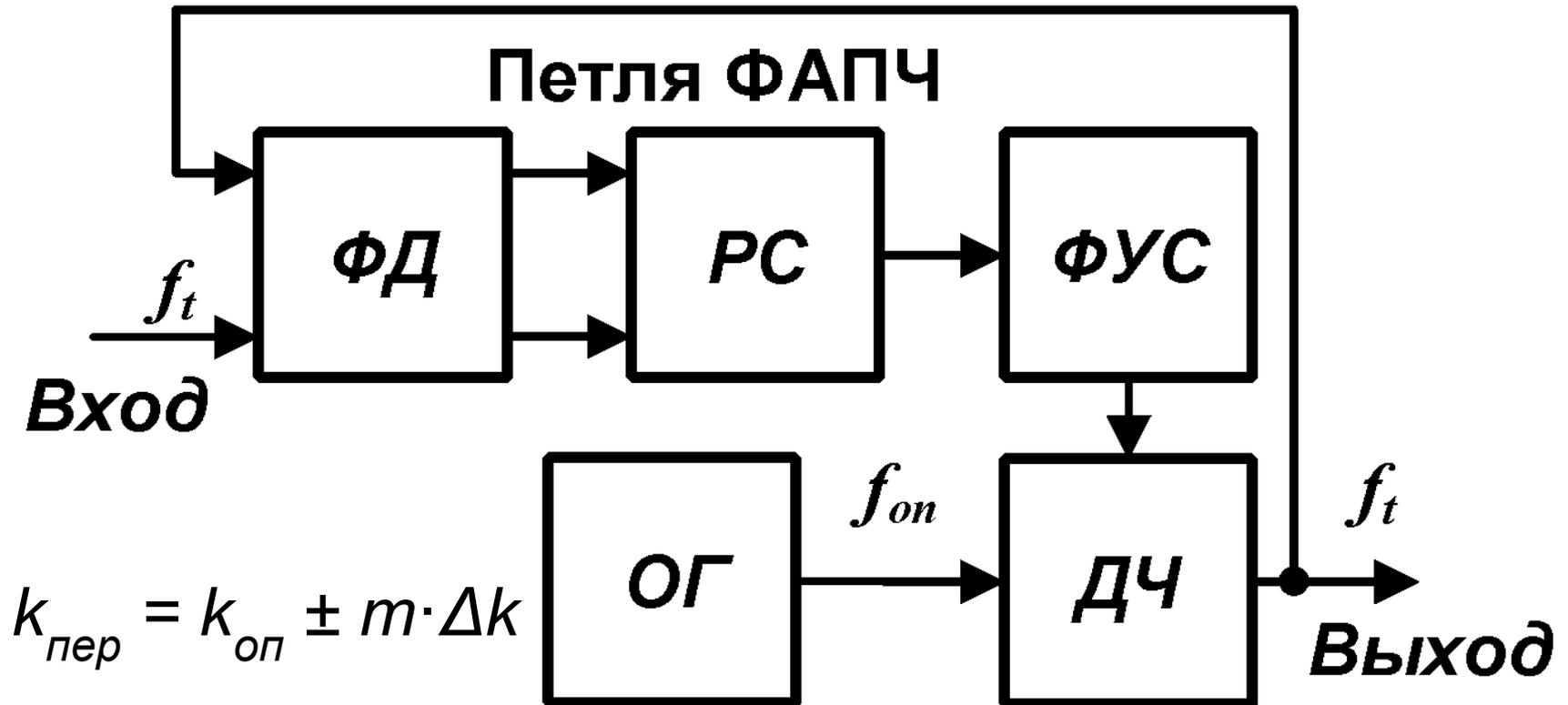


B_{yx}



o

Структурная схема генератора с ОГ вне петли ФАПЧ



Параметры синхросигнала

Сигнал $S(t) = A \sin \omega_0 t$, $\omega_0 = 2\pi f_0$.

$$\frac{|f_p - f_0|}{f_0} = \frac{\Delta f}{f_0} \text{ – точность частоты.}$$

$$\frac{\Delta f(\tau)}{f_0} \text{ – относительная нестабиль-}$$

ность частоты.

Полная фаза реального сигнала $\theta(t) = \omega_0 t + \varphi(t)$,

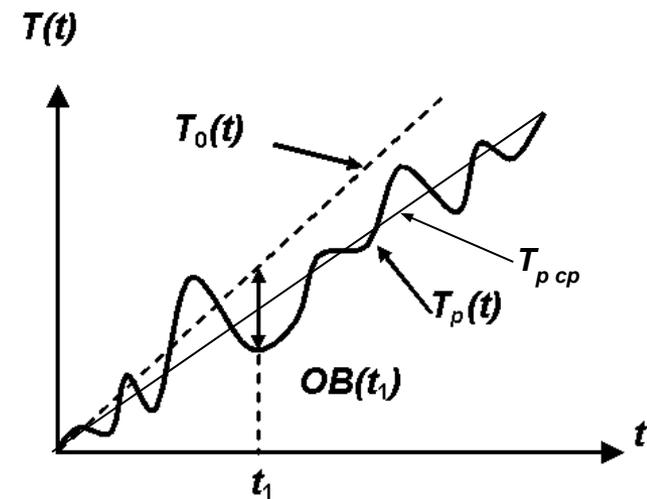
$\varphi(t)$ – составляющая, определяемая помехой.

$$T(t) = \theta(t) / \omega_0.$$

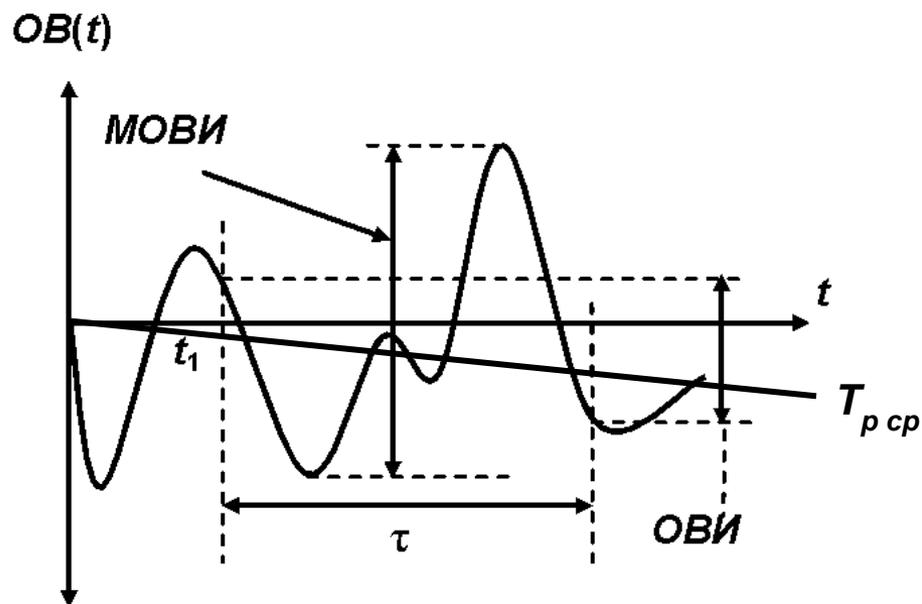
Функция $T(t)$ случайная функция времени.

Вводится понятие временной ошибки

$$OB(t) = T_p(t) - T_0(t).$$

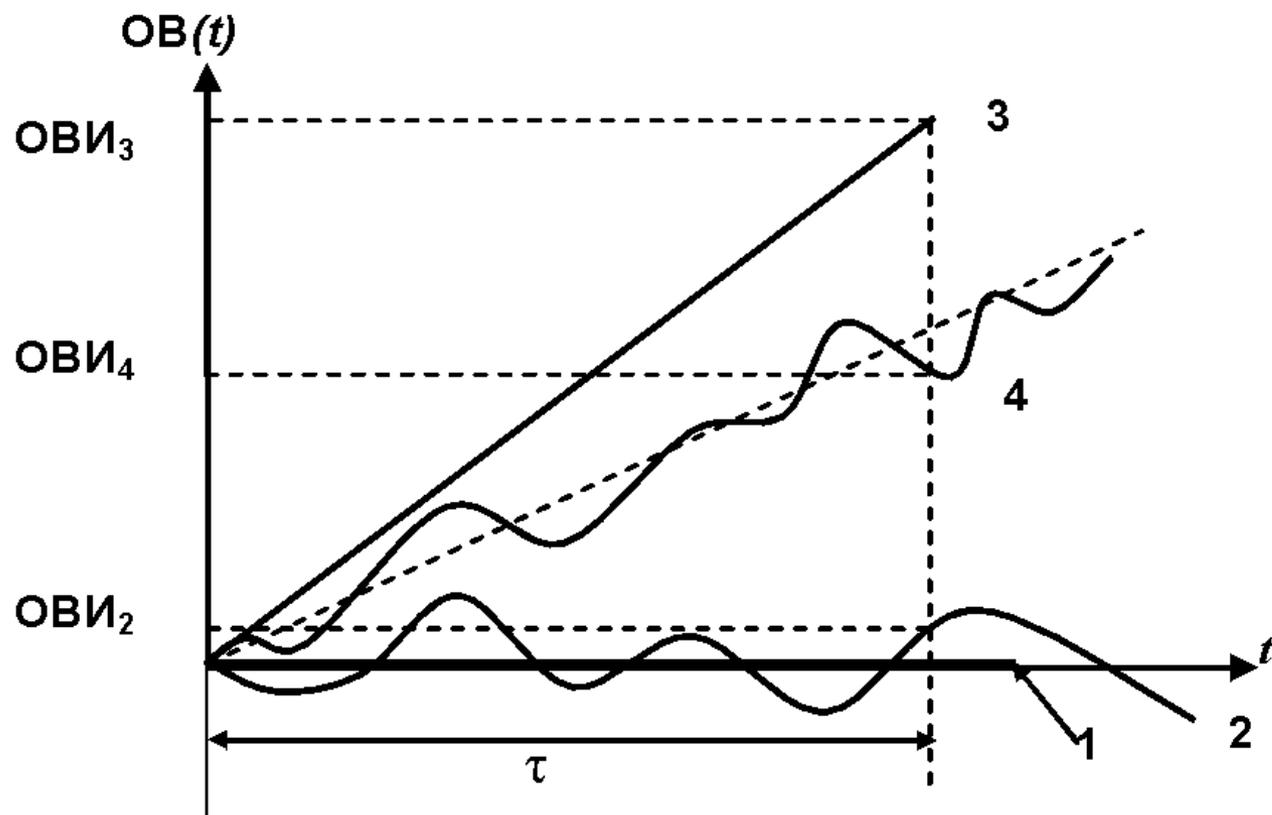


Определение ОВИ и МОВИ



$$OVI(t_1, \tau) = OB(t_1 + \tau) - OB(t_1),$$

$$MOVI(\tau) = \max[OB(t)] - \min[OB(t)], \quad t_1 < t < t_1 + \tau$$



Характеристики ОВ для различных синхросигналов:

- 1 - идеального;
- 2 - точного, но нестабильного;
- 3 - стабильного, но неточного;
- 4 - неточного и нестабильного.

Требования к цикловой синхронизации (ЦС)

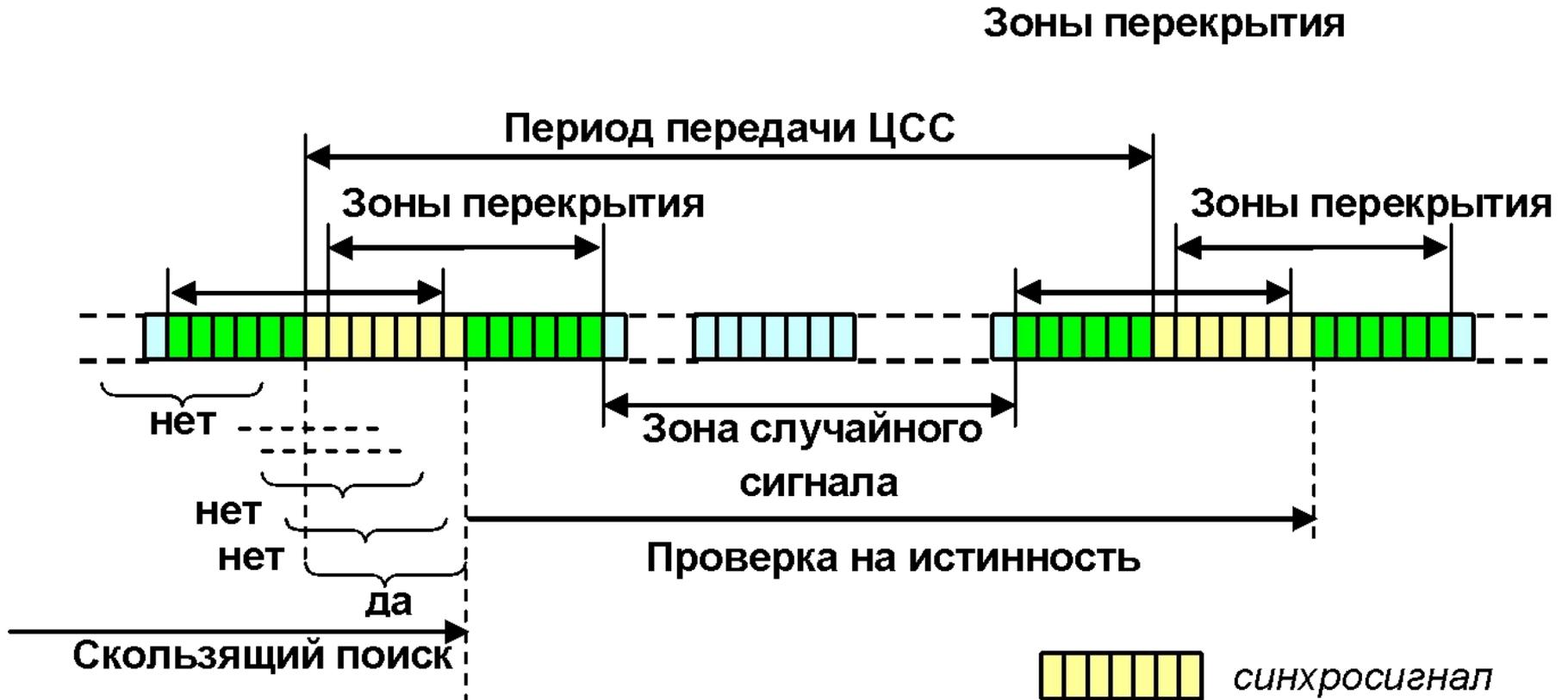
ЦС или выравнивание кадров предполагает выявление циклового синхросигнала (ЦСС, метки кадра) с тем, чтобы корректная работа временного селектора на приеме обеспечивала доступ к компонентам цикла (кадра).

ЦСС выявляется на основе его детерминированности.

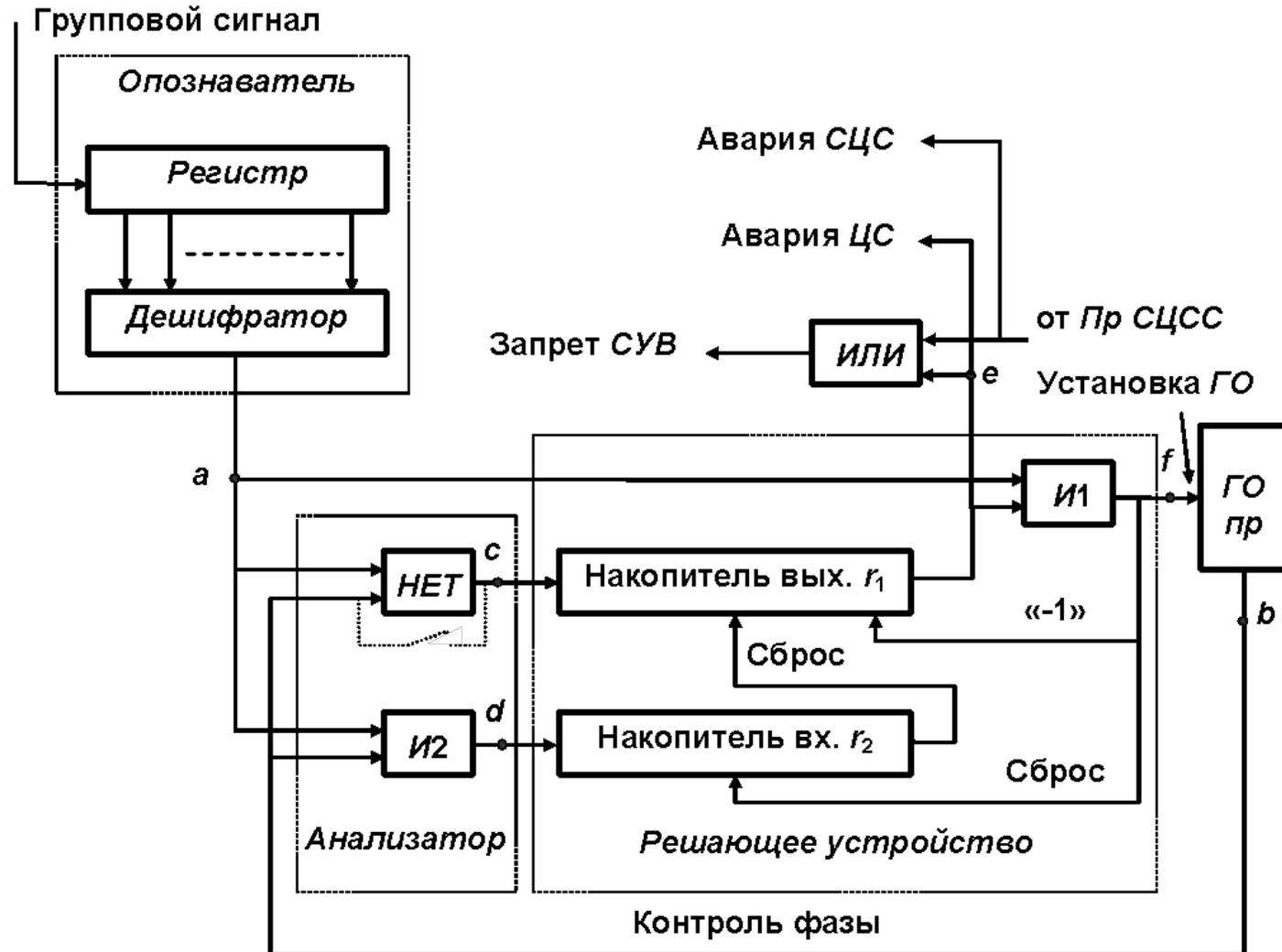
Основные требования к системе ЦС:

- *среднее время удержания синхронизма между двумя его сбоями должно быть максимально;*
- *среднее время восстановления синхронизма при его нарушении должно быть минимальным;*
- *количество разрядов в синхросигнале и частота его повторения должны быть минимальными.*

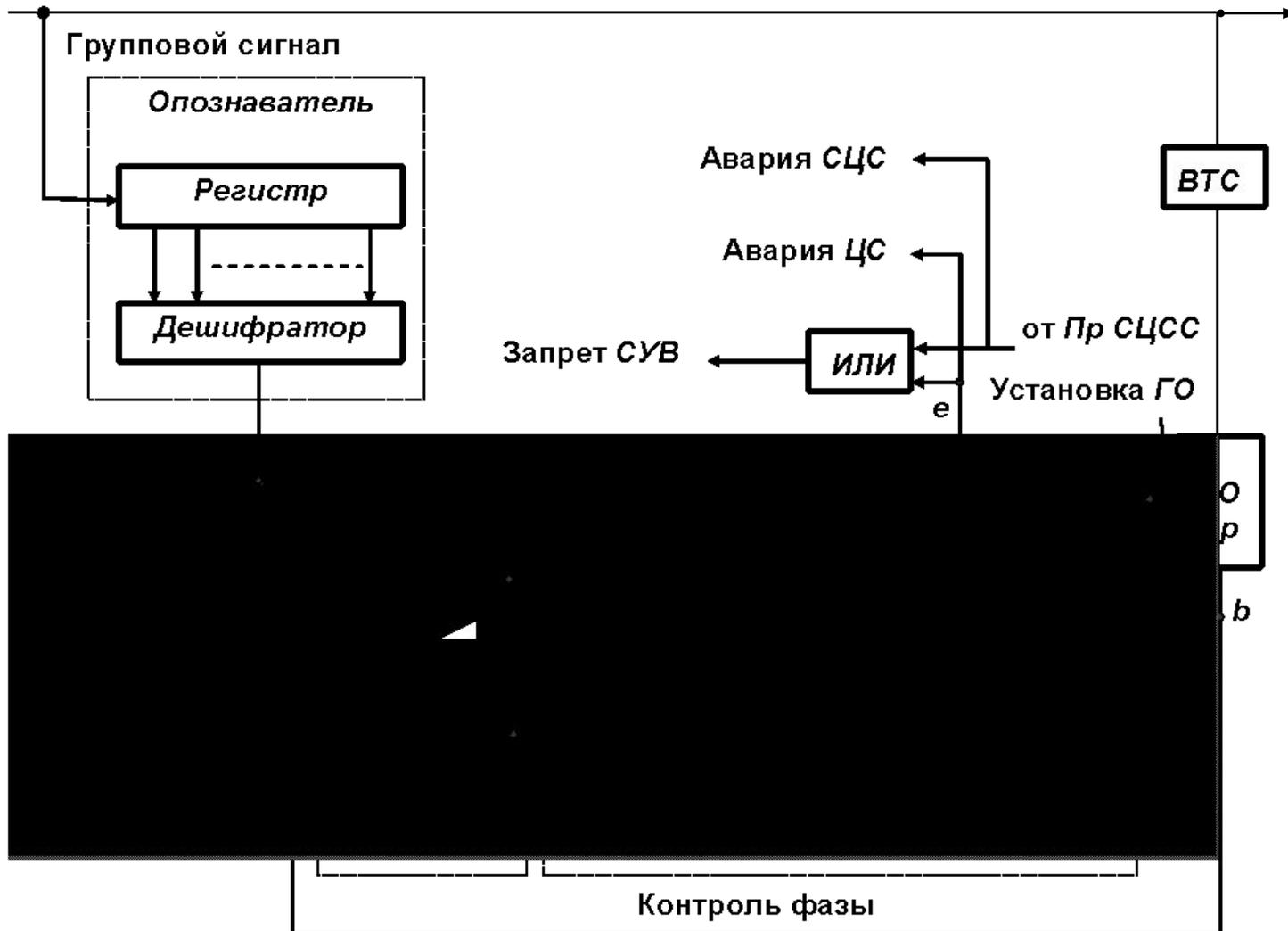
Скользящий поиск синхросигнала



Структурная схема приемника ЦСС



Структурная схема приемника ЦСС



Расчет параметров системы ЦС

$$\tilde{T} = \frac{1}{1-p} \left(\frac{1}{p^n} - 1 \right) T$$

Для $\tilde{T} = \tilde{T}_{y\partial}$, $n = r_1$, $p = p_{uc} = 1 - (1 - p_{ow})^b$, $T = T_{uc}$

Для $T = 250$ мс, $r_1 = 4$ и $b = 7$ (принято в системе передачи ИКМ-30).

$\tilde{T}_{y\partial}$ в зависимости от p_{ow} и r_1 при $b = 7$ и $T = 250$ мс

r_1	p_{ow}				
	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
1	36 мс	360 мс	3,6 с	36 с	~6 минут
2	5,2 с	8,5 минут	14 часов	59 суток	16,2 года
3	12,3 минут	8,5 суток	23 года		
4	29,5 часов	33,1 года			
5	176 суток				
6	69 лет				

$\tilde{T}_{y\partial}$ в зависимости от b при $p_{ow} = 10^{-3}$, $r_1 = 4$ и $T = 250$ мс

b	1	2	3	4	5	6
$\tilde{T}_{y\partial}$	~8 лет	180 суток	36 суток	11,4 суток	4,7 суток	54 час

Расчет параметров системы ЦС (продолжение)

Среднее время восстановления синхронизма $\bar{T}_{\text{вс}} = \bar{T}_{r1} + \bar{T}_{\text{шцс}} + \bar{T}_{r2} + \bar{T}_{\text{псцс}}$

Определим \bar{T}_{r1} : $n = r_1$, $p = p(1) = 1 - (1/2)^b$ (точка *c*)

Зависимость $\bar{T}_{\text{вс}}$ (мс) от b и r_1 при $T = 250$ мс

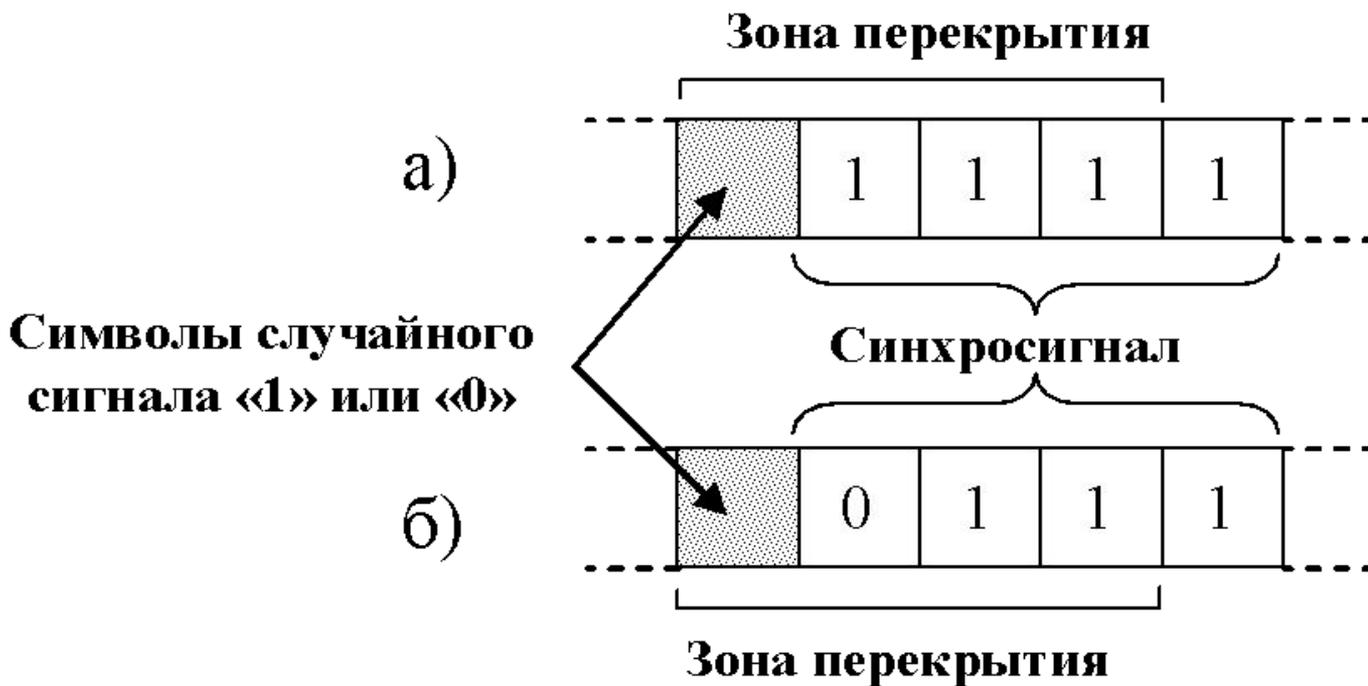
r_1	b				
	1	2	3	5	7
1	0,5	0,333	0,286	0,258	0,252
2	1,5	0,778	0,612	0,525	0,505
3	3,5	1,37	0,985	0,799	0,762
4	7,5	2,16	1,41	1,08	1,02

$\bar{T}_{r2} \approx r_2 \cdot T$ (в системе ИКМ-30 $r_2 = 1$), поскольку $p = p(1) = (1 - p_{\text{ош}})^b \approx 1$ (точка *d*) и

$$\bar{T}_{r2} = \frac{1}{1-p} \left(\frac{1}{p^{r_2}} - 1 \right) T = \frac{1}{p^{r_2}} \frac{1-p^{r_2}}{1-p} T = 1 \left(\frac{1-p^{r_2}}{1-p} \right) T \approx r_2 T.$$

Среднее время восстановления сверхциклового синхронизма $\bar{T}_{\text{псцс}}$ равно полусумме наименьшего и наибольшего времен поиска сверхциклового синхросигнала. Для ИКМ-30 $\bar{T}_{\text{псцс}} = (62,5 + 1937,5) \cdot 10^{-6} / 2 = 1$ мс.

Поиск синхросигнала в зоне перекрытия



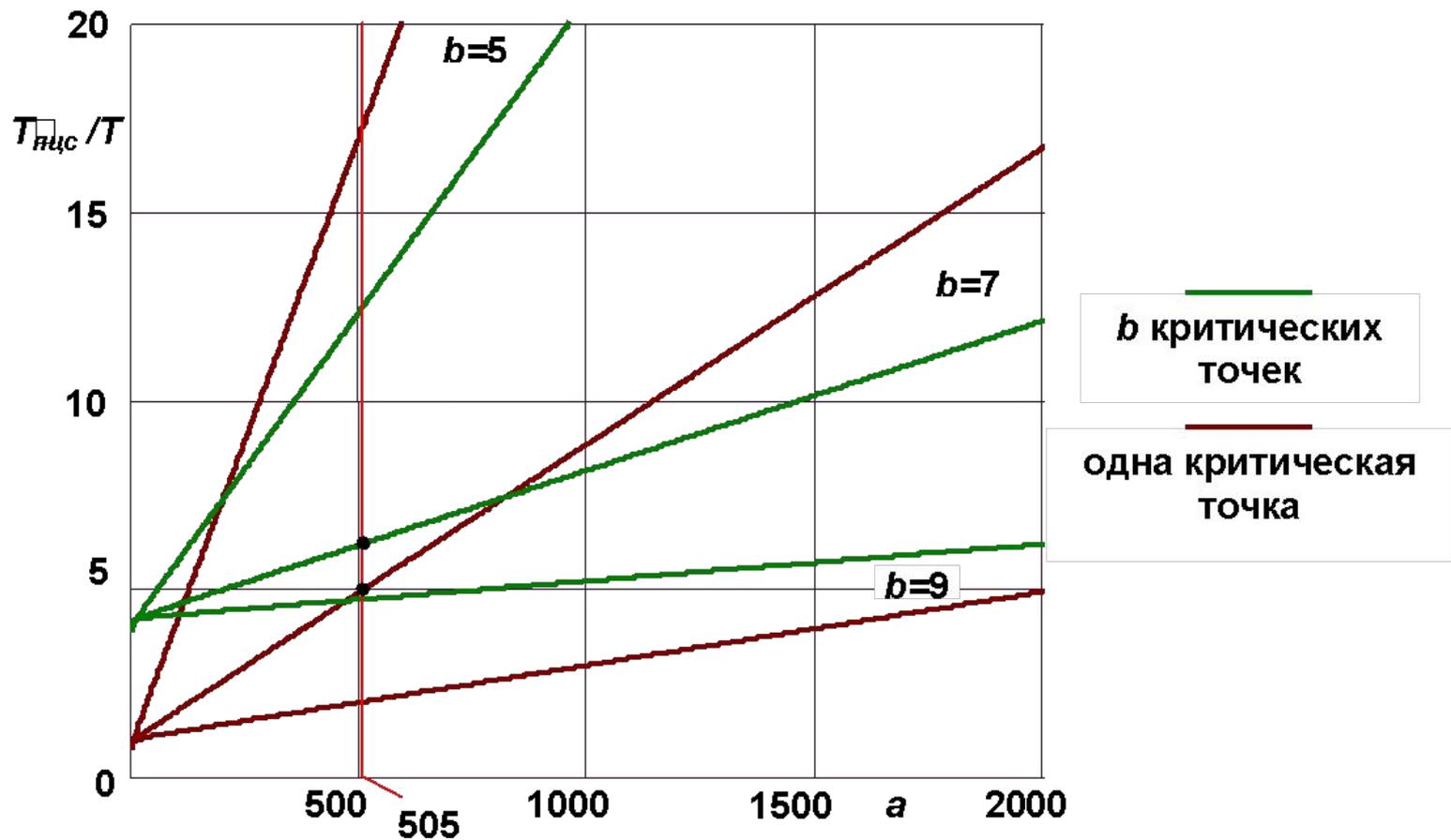
- а) синхросигнал с 4-я критическими точками;
- б) синхросигнал с одной критической точкой

Расчет параметров системы ЦС (продолжение)

$$\tilde{T}'_{нц} = \left(\frac{a - b + 1}{2^b - 1} + \frac{a + b - 1}{a + b} \right) T$$

$$\tilde{T}'' = \left[\frac{2^{b-1} (a - b + 1)}{(2^b - 1)^2} + \frac{a + b - 1}{a + b} + 2 \sum_{\substack{i=1 \\ b>1}}^{b-1} \frac{1}{2^i - 1} \right] T.$$

Среднее время поиска циклового синхросигнала



Способы уменьшения времени вхождения в синхронизм

1. Отказ от сверхциклового синхронизма.

2. Независимая параллельная работа блока поиска и блока накопления по выходу из синхронизма.

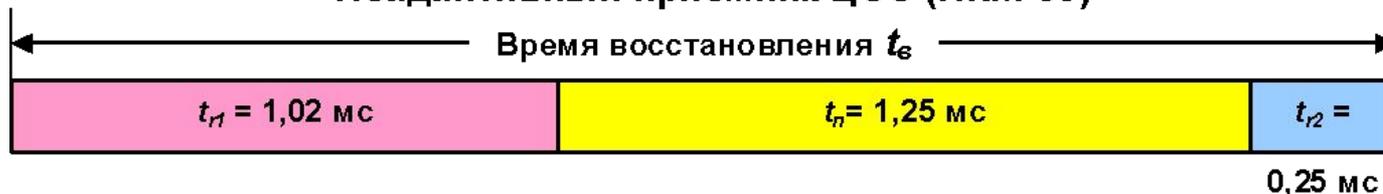
Такие приемники синхросигнала эффективны при высоком коэффициенте ошибок в тракте.

3. Увеличение числа символов в синхросигнале.

Такие приемники синхросигнала эффективны при низком коэффициенте ошибок в тракте.

«Инерционность» системы цикловой синхронизации в ЦТС низкого порядка должна быть достаточной, чтобы за время процесса восстановления синхронизма в ЦТС высокого порядка не начался процесс поиска синхронизма. ($t_{\text{нвых ну}} > t_{\text{в су}}$)

Неадаптивный приемник ЦСС (ИКМ-30)



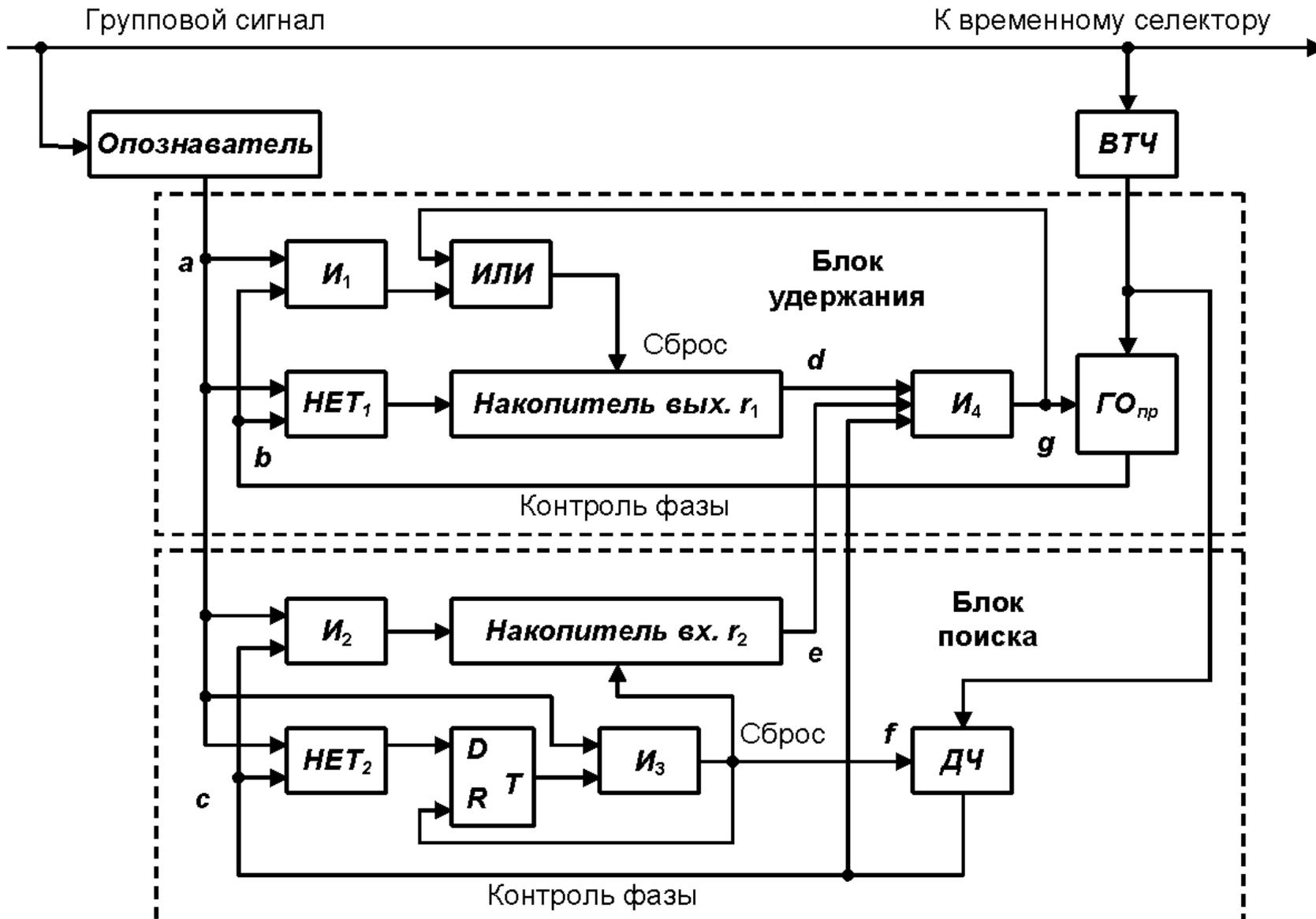
Приемник ЦСС, адаптивный к $K_{ош}$ в ЛТ



Для $t_{r1} < t_n + t_{r2}$
 $K_{ош}$ большой (10^{-3})
 Время удержания > 1 сут.

Для $t_{r1} > t_n + t_{r2}$
 $K_{ош}$ относительно небольшой (10^{-4}).
 Увеличено b до 9.
 Время удержания > 12 лет

Адаптивный приёмник ЦСС



Состояния адаптивного приёмника ПСС

Синхронизм

Блок удержания

Истинный ЦСС $a = 1, b = 1, r1$ – обнулён, $d = 0$.

Ложный ЦСС – блок не реагирует (на **НЕТ1** обнулены оба входа).

Блок поиска

Истинный ЦСС $a = 1, c = 1, r2$ – заполнен $e = 1, T$ – обнулён (по **D**), $f, g = 0$.

Ложный ЦСС $a = 1, c = 0, r2$ – заполнен $e = 1, T$ – обнулён, $f, g = 0$.

Кратковременный сбой

Блок удержания

Истинный искажённый ЦСС $a = 0, b = 1, r1$ – начинает заполняться $d = 0$.

Истинный ЦСС $a = 1, b = 1, r1$ – обнулён (через **И1 ИЛИ**) $d = 0$.

Блок поиска

Истинный искажённый ЦСС $a = 0, c = 1, r2$ – заполнен (ранее) $e = 1, T$ – срабатывает, $f, g = 0$.

Истинный ЦСС $a = 1, c = 1, e = 1, T$ – сбрасывается, $f, g = 0, r2$ – заполнен

Ложный ЦСС $a = 1, c = 0, T$ – активен, $f = 1$ (**ДЧ** установлен на начало цикла), $r2$ – сбрасывается, $e = 0, g = 0$.

Начинается проверка ЦСС на истинность.

Через цикл ДЧ $a = 0, c = 1, T$ – сбрасывается, $r2$ – обнулён. Проверка неудачна.

Следующий ЦСС – истинный.

Через цикл ДЧ $a = 1, c = 1, T$ – сброшен, $r2$ – начинает заполняться.

Проверка повторяется $r2$ раз, $r2$ – заполнен, $e = 1, c = 1$ через циклы ДЧ.

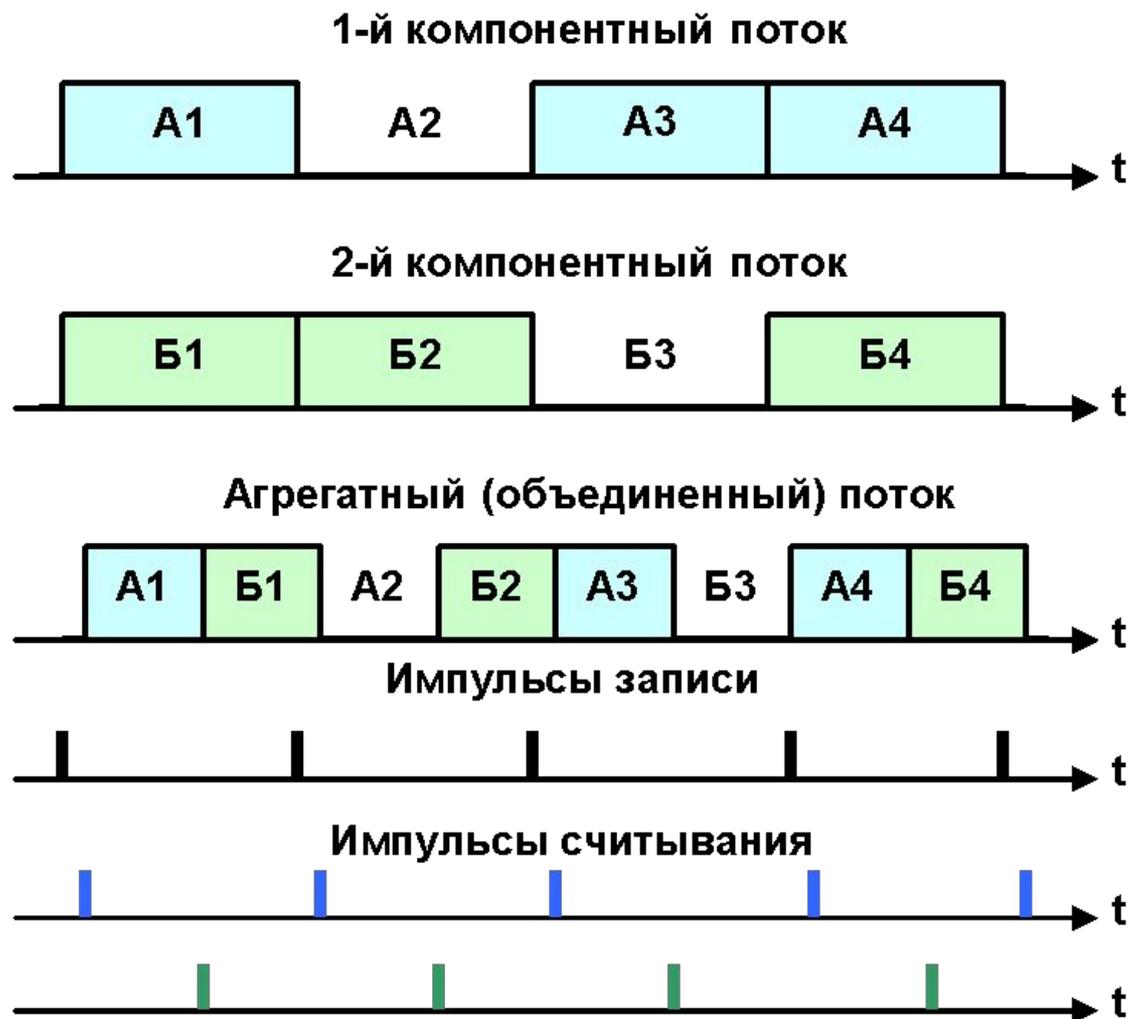
Блок поиска нашёл истинный ЦСС и удерживает его

Длительный сбой

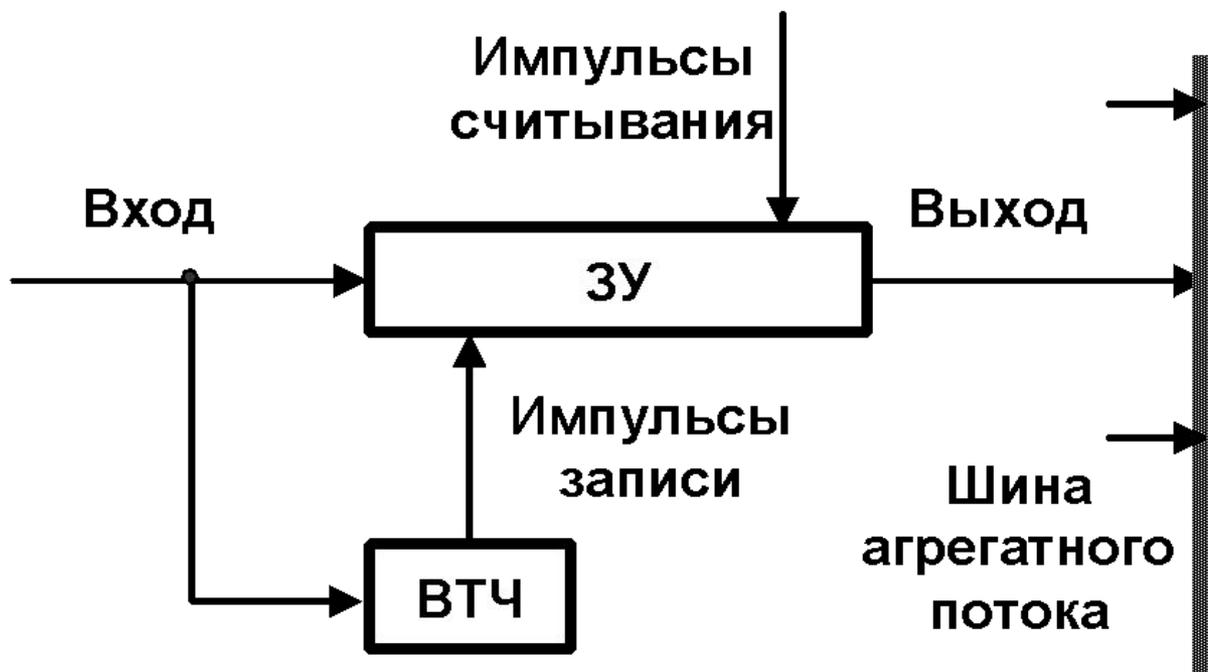
Блок поиска и блок удержания

ЦСС потерян, $a = 0, b = 1, r1$ – заполняется. Через $r1$ циклов $d = 1$, в момент появления $c = 1$ **ГОпр** приводится к началу цикла через **И4**.

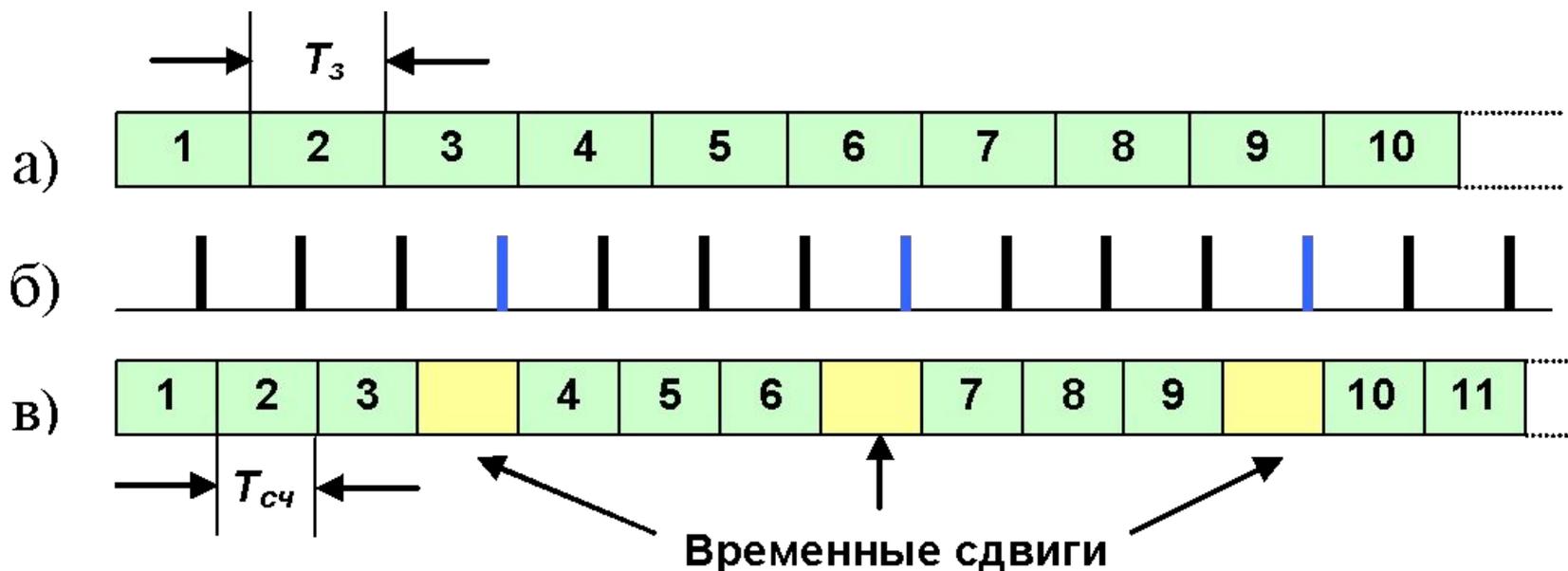
Принцип объединения цифровых потоков



Записывающее устройство компонентного потока



СОЗДАНИЕ ВРЕМЕННЫХ СДВИГОВ

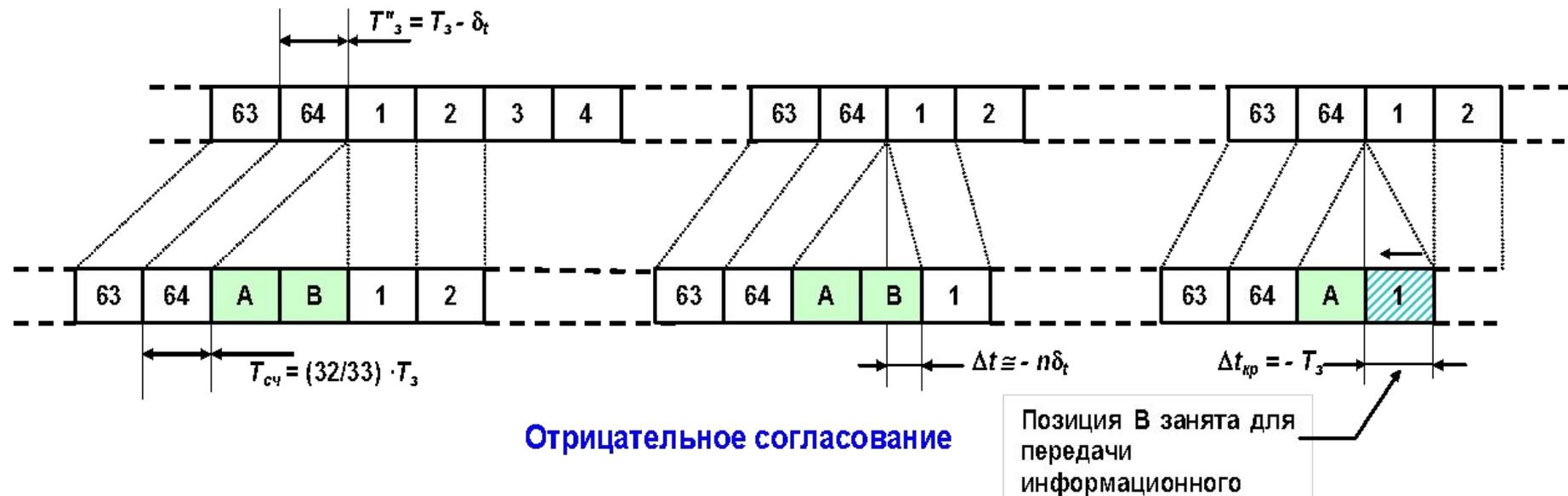
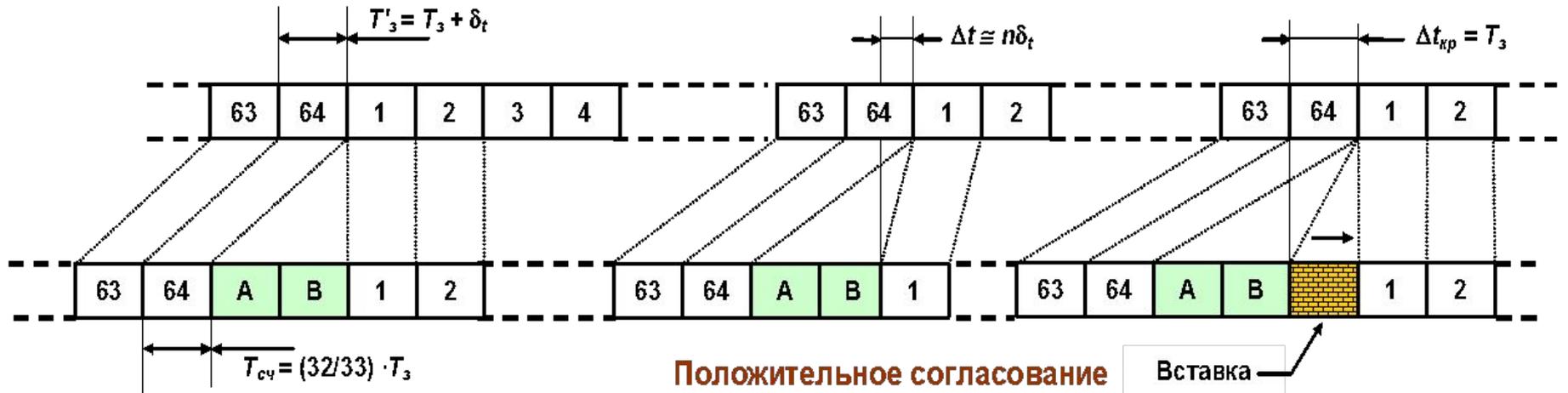


- а) записанная импульсная последовательность,
- б) импульсы считывания,
- в) считанная импульсная последовательность

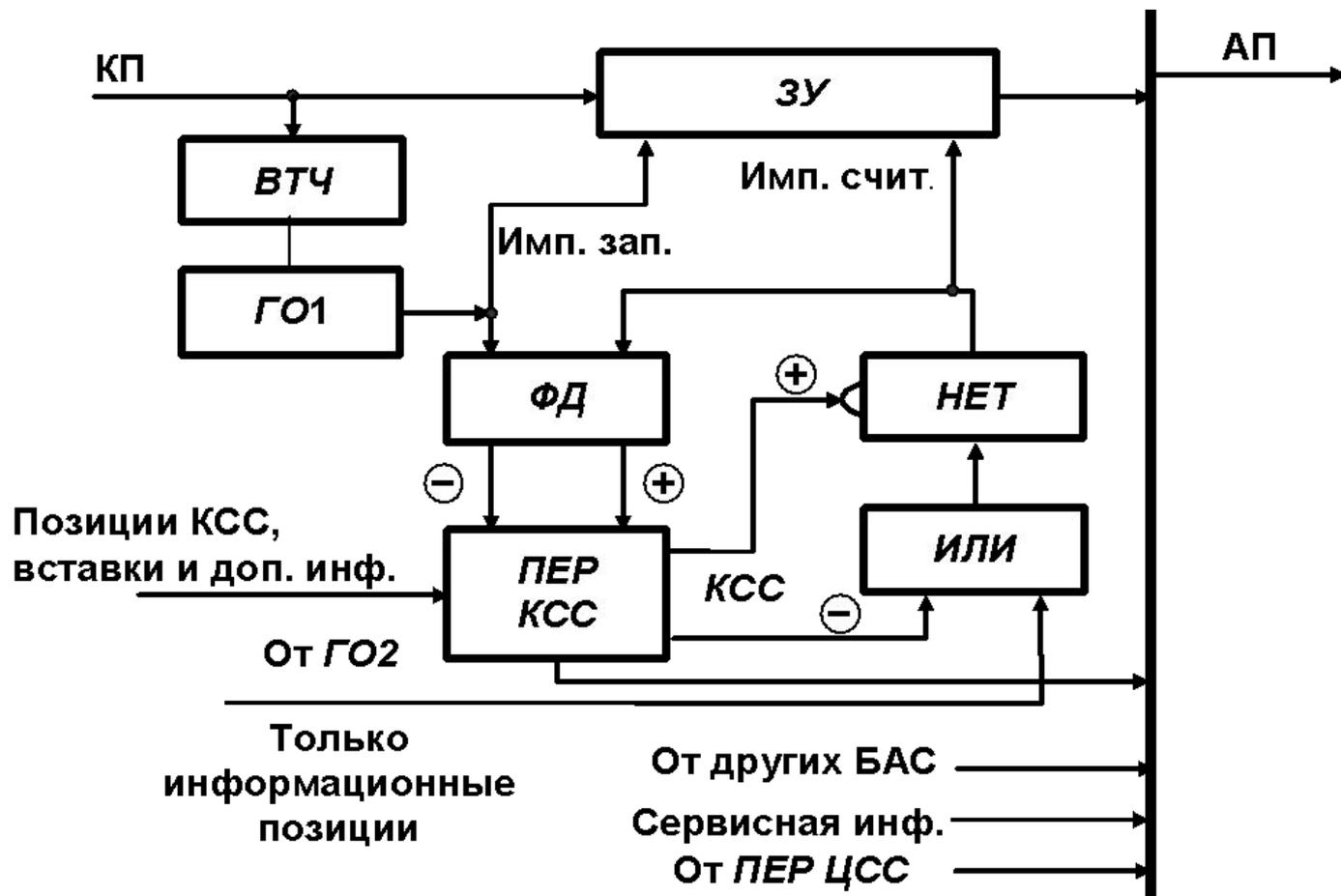
$$T_3 / T_{сч} = 4/3 \text{ и } T_{сч} / (T_3 - T_{сч}) = 3$$

Временные диаграммы асинхронного объединения потоков

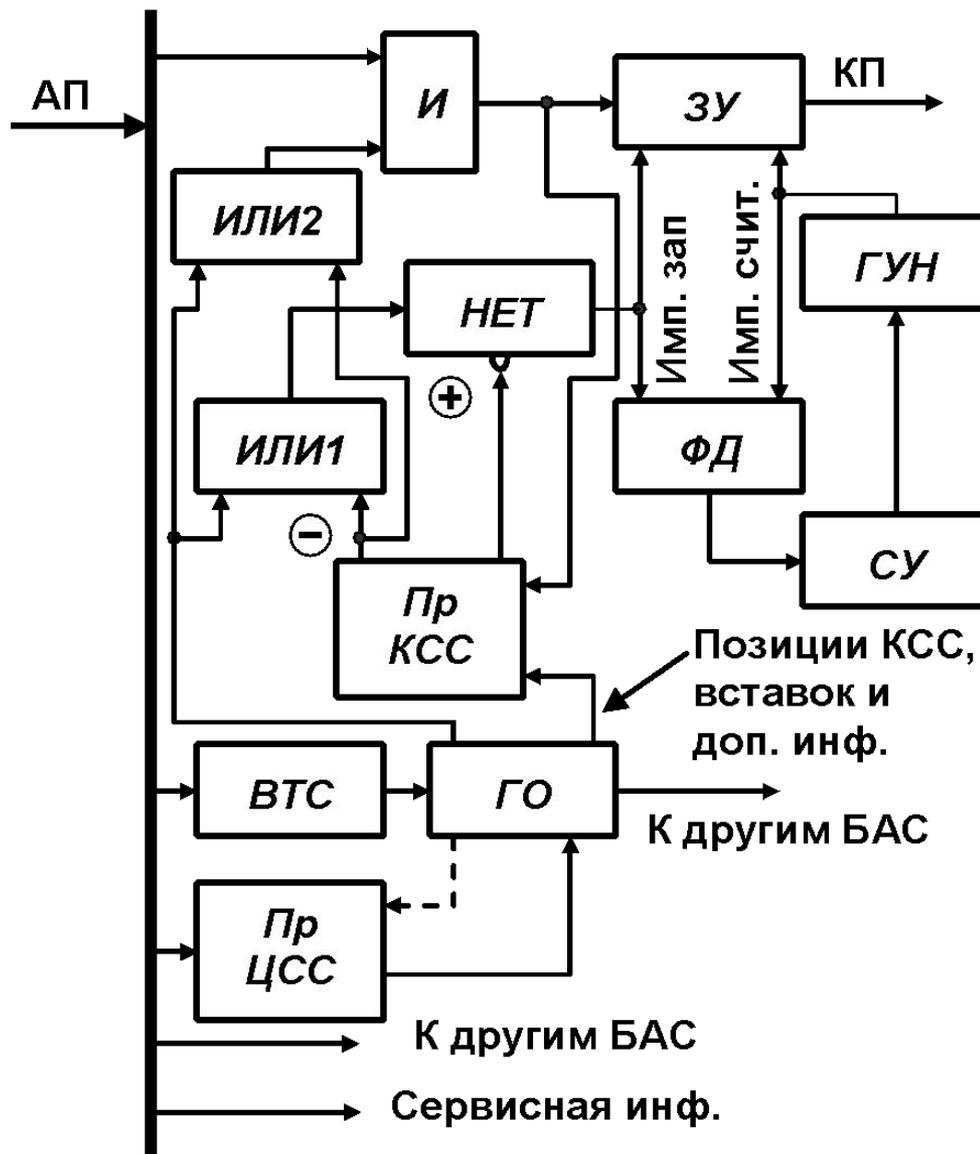
ПОТОКОВ



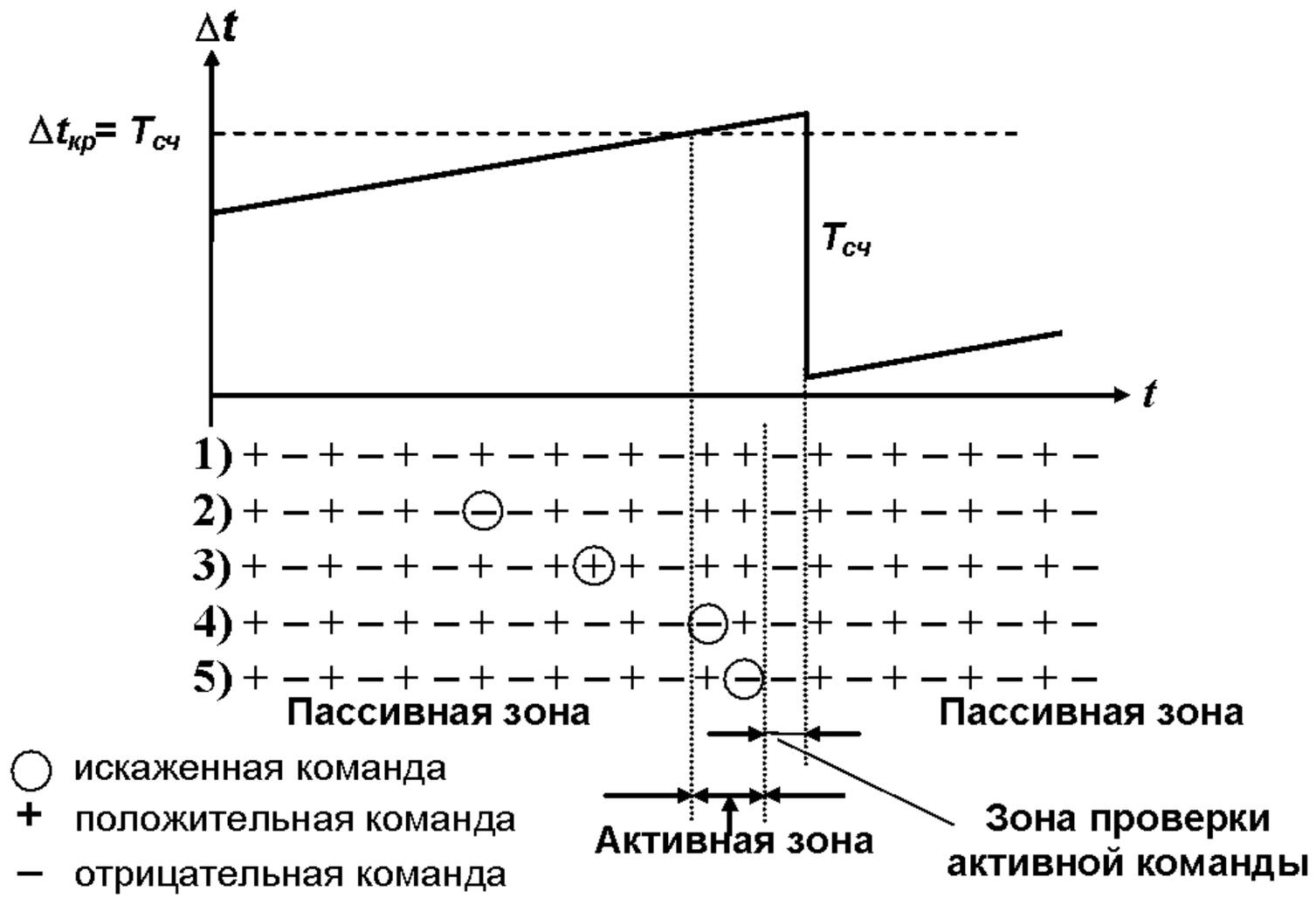
Передающая часть блока асинхронного согласования скоростей



Приемная часть блока асинхронного согласования скоростей



Исправление ошибок в двухкомандном сигнале в системе с двусторонним согласованием скоростей



Сравнение методов одно и двустороннего согласования скоростей (ОСС и ДСС)

1. При ОСС принципиально невозможен синхронный режим работы. При ДСС возможен, но при наличии системы ТС.
2. При ДСС возможно существенное повышение помехозащищённости КСС.
3. ДСС более устойчиво к размножению сбоев ЦС в системах низших ступеней.
4. При ДСС несколько выше пропускная способность трактов.
5. При ОСС оборудование проще.
6. Сложность подавления НЧ составляющих фазовых флуктуаций (в ОСС – время ожидания, в ДСС – частота согласования в 3-командных системах).

Состав структуры цикла передачи системы высшей ступени ПЦИ

Цикл передачи содержит позиции для следующих символов:

- **информационных** (всех символов компонентных потоков);
- **циклового синхросигнала** агрегатного потока;
- **команд согласования** для восстановления исходных цифровых потоков;
- **согласующих** при отрицательном согласовании скоростей;
- **служебных** (контроль, служебная связь и т. п.

Цикл ИКМ-120 с двусторонним согласованием скоростей (G.745 МСЭ-Т)

№№ столбцов

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 264

1	1	1	0	0	1	1	0	A1	B1	B1	Г1	A2	B2		Г64
Цикловой синхросигнал								Символы компонентных потоков (А, Б, В, Г)							
1-е символы КСС				Служебная связь (32 кбит/с)				A1	B1	B1	Г1	A2	B2		Г64
2-е символы КСС				Дискр. Инф.	Ав.	Выз СС		A1	B1	B1	Г1	A2	B2		Г64
3-и символы КСС				Доп. инф. при отр. согл. скор.				A1	B1	B1	Г1	A2	B2		Г64
								Места вставок				Символы компонентных потоков			

1	0	1	0
1	0	1	1
1	0	1	0

Пример структуры поля КСС

$$264 \times 4 = 1056,$$

$$1056 \times 78 = 82368$$

$$4 \times 2 / 82368 \approx 0,97 \times 10^{-4}$$

Цикл ИКМ-120 с двусторонним согласованием скоростей (G.745 МСЭ-Т)

$$M = 264 \cdot 4 = 1056$$

$$\begin{aligned} M_u &= M - d_{\text{цс}} - d_{\text{кс}} \cdot 4 - d_{\text{к}} - d_{\text{д}} = \\ &= 1056 - 8 - 3 \cdot 4 - 8 - 4 = 1024 \end{aligned}$$

$$M_{\text{к}} = 1024 / 4 = 256$$

$$T_{\text{ц}} = 1056 / (8448 \cdot 10^3) = 125 \text{ мкс}$$

$$C_{\text{с макс}} = 1 / (78 \cdot 125 \cdot 10^{-6}) = 102 \text{ Гц}$$

$$K_{\text{с макс}} = 1 / 78 \approx 0,0128$$

$$256 \cdot 78 = 19968, \pm 1 / 19968 \approx \pm 5 \cdot 10^{-5}$$

Цикл ИКМ-120 с односторонним согласованием скоростей (G.742 МСЭ-Т)

										№№ столбцов											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					210	211	212	
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	Авар	Нац										
Цикловой синхросигнал												Символы компонентных потоков									
I-символы КСС																					
II-символы КСС																					
III-символы КСС				Места вставок																	

$$M = 212 \cdot 4 = 848$$

$$M_u = M - d_{uc} - d_{kc} \cdot 4 - d_k = 848 - 10 - 3 \cdot 4 - 2 = 824$$

$$M_k = 824 / 4 = 206$$

$$T_{ц} = 848 / (8448 \cdot 10^3) = 100,38 \text{ мкс}$$

$$M_{k \text{ ном}} = (2048 / 8448) \cdot 848 = 205,576$$

$$C_{с \text{ ном}} = [(206 - 205,576 / 206)] \cdot 2048 \cdot 10^3 \approx 4,2 \text{ кГц}$$

$$C_{с \text{ макс}} = [(206 - 205) / 206] \cdot 2048 \cdot 10^3 \approx 10 \text{ кГц}$$

Цикл ИКМ-120 с односторонним согласованием скоростей (G.742 МСЭ-Т)

$$M = 212 \cdot 4 = 848$$

$$M_u = M - d_{\text{цс}} - d_{\text{кс}} \cdot 4 - d_{\text{к}} = 848 - 10 - 3 \cdot 4 - 2 = 824$$

$$M_{\text{к}} = 824 / 4 = 206$$

$$T_{\text{ц}} = 848 / (8448 \cdot 10^3) = 100,38 \text{ мкс}$$

$$M_{\text{к ном}} = (2048 / 8448) \cdot 848 = 205,576$$

$$C_{\text{с ном}} = [(206 - 205,576) / 206] \cdot 2048 \cdot 10^3 \approx 4,2 \text{ кГц}$$

$$C_{\text{с макс}} = [(206 - 205) / 206] \cdot 2048 \cdot 10^3 \approx 10 \text{ кГц}$$

**Цикл третичной ЦТС с двусторонним согласованием скоростей
(G.745 МСЭ-Т)**

№№ столбцов

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			716
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0								
Цикловой синхросигнал												Символы компонентных потоков							
1-е символы КСС				Служеб- ная связь		Авар. сигн.		2-е символы КСС											
3-и символы КСС				Дискретная информация				Доп. инф. при отр. согл. скоростей				Места вставок							

Скорость передачи компонентных потоков 8448 кбит/с.

Скорость передачи агрегатного потока 34368 кбит/с.

Длительность цикла передачи 62,5 мкс.

Число символов в цикле 2148.

Число символов на компонентный поток 528.

**Цикл третичной ЦТС с односторонним согласованием скоростей
(G.751 МСЭ-Т)**

										№№ столбцов							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	382	383	384	
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	Ав	Нац						
Цикловой синхросигнал										Биты компонентных потоков							
I-символы КСС																	
II-символы КСС																	
III-символы КСС				Места вставок													

Скорость передачи компонентных потоков 8448 кбит/с.

Скорость передачи агрегатного потока 34368 кбит/с.

Длительность цикла передачи 44,6927 мкс.

Число символов в цикле 1536.

Число символов на компонентный поток 378.

Максимальная скорость согласования на компонентный поток

≈ 22,375 кГц,

Номинальный коэффициент цифрового выравнивания 0,436.

**Цикл четверичной ЦТС с двусторонним согласованием скоростей
(G.745 МСЭ-Т)**

																	№№ столбцов											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			544									
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	Сл. св.	Ав.																	
Цикловой синхросигнал																												
1-е символы КСС																												
2-е символы КСС																												
3-и символы КСС				Доп. инф. при отр. согл. скор.					Места вставок																			

Скорость передачи компонентных потоков 34368 кбит/с.

Скорость передачи агрегатного потока 139264 кбит/с.

Длительность цикла передачи 15,625 мкс.

Число символов в цикле 2176.

Число символов на компонентный поток 537.

Цикл четверичной ЦТС с односторонним согласованием скоростей (G.751 МСЭ-Т)

																	№№ столбцов							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	487	488						
1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	Ав	Нац. резерв											
Цикловой синхросигнал																								
I-символы КСС																								
II-символы КСС																								
III-символы КСС																								
IV-символы КСС																								
V-символы КСС					Места вставок																			

Скорость передачи компонентных потоков 34368 кбит/с.

Скорость передачи агрегатного потока 139264 кбит/с.

Длительность цикла передачи 21,0248 мкс.

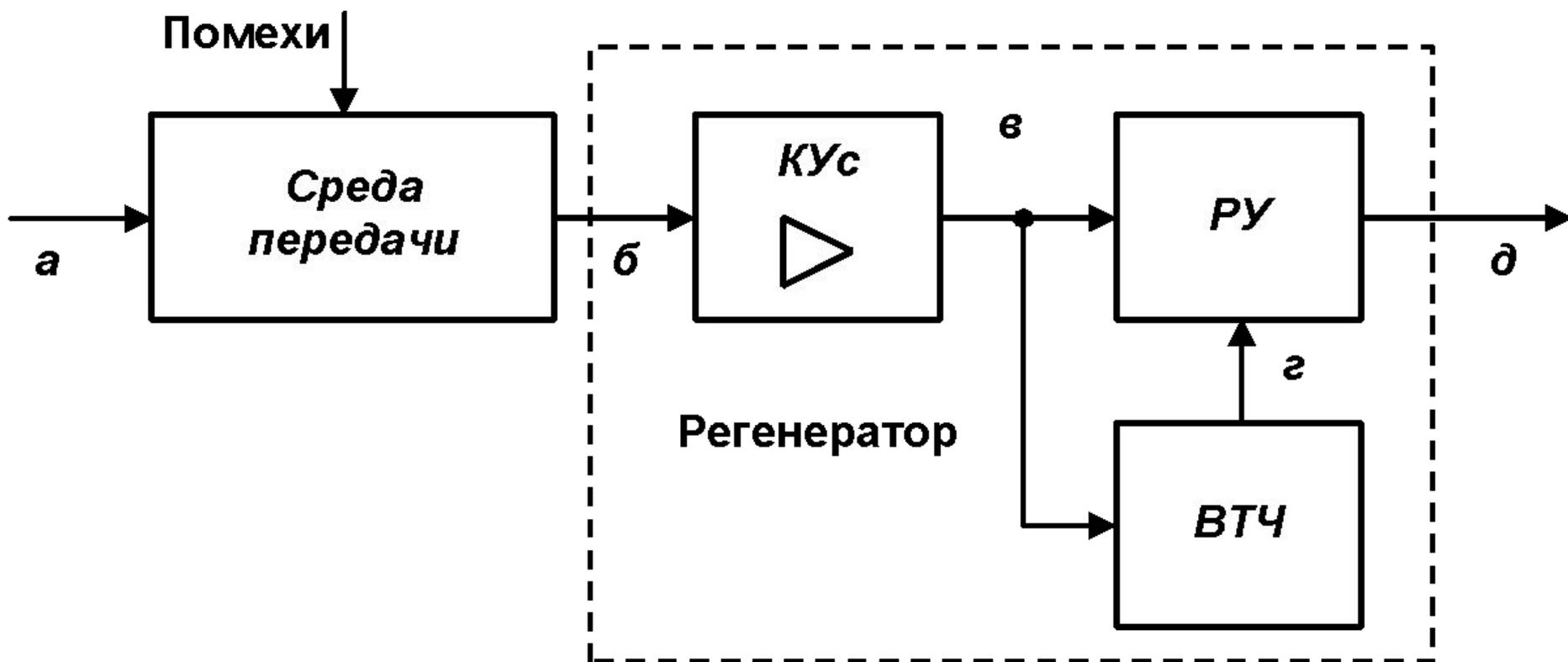
Число символов в цикле 2928.

Число символов на компонентный поток 723.

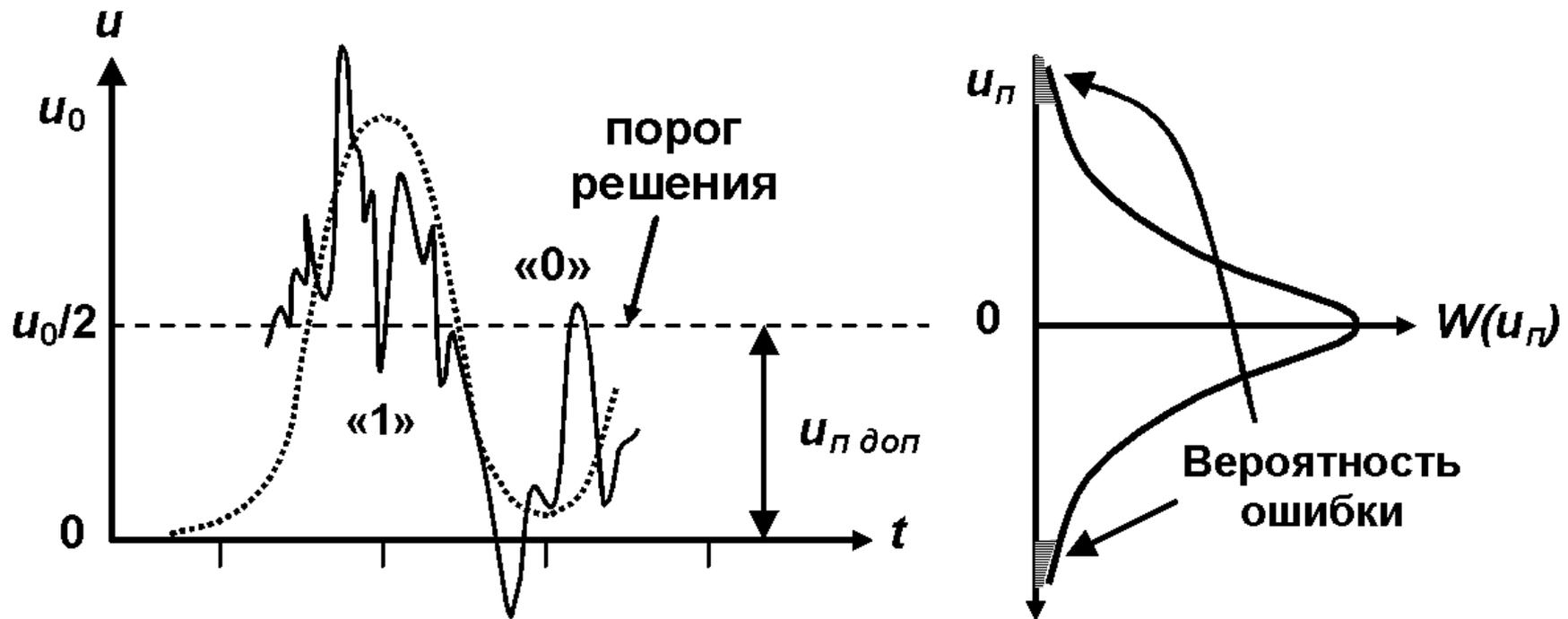
Максимальная скорость согласования на компонентный поток $\approx 47,563$ кГц,

Номинальный коэффициент цифрового выравнивания 0,419.

Структурная схема регенерационного участка



Определение допустимой помехозащищенности регенератора



Если $W(x) = e^{-x^2/2} / \sqrt{2\pi}$,

где $x = u_n / u_{n \text{эфф}}$, то вероятность ошибки $p_{\text{ош}}$ будет равна

$$p_{\text{ош}} = (1/\sqrt{2\pi}) \left(\int_{x_{\text{дон}}}^{\infty} e^{-x^2/2} dx \right) \cdot (0,5 + 0,5) = \frac{1 - \Phi(x_{\text{дон}})}{2},$$

причем здесь

$$\Phi(x) = (2/\sqrt{2\pi}) \int_0^x e^{-x^2/2} dx$$

Если $p_{\text{ош дон}}$ задано, то $\Phi(x_{\text{дон}}) = 1 - 2 \cdot p_{\text{ош дон}}$, откуда по таблицам находится значение $x_{\text{дон}}$. Поскольку

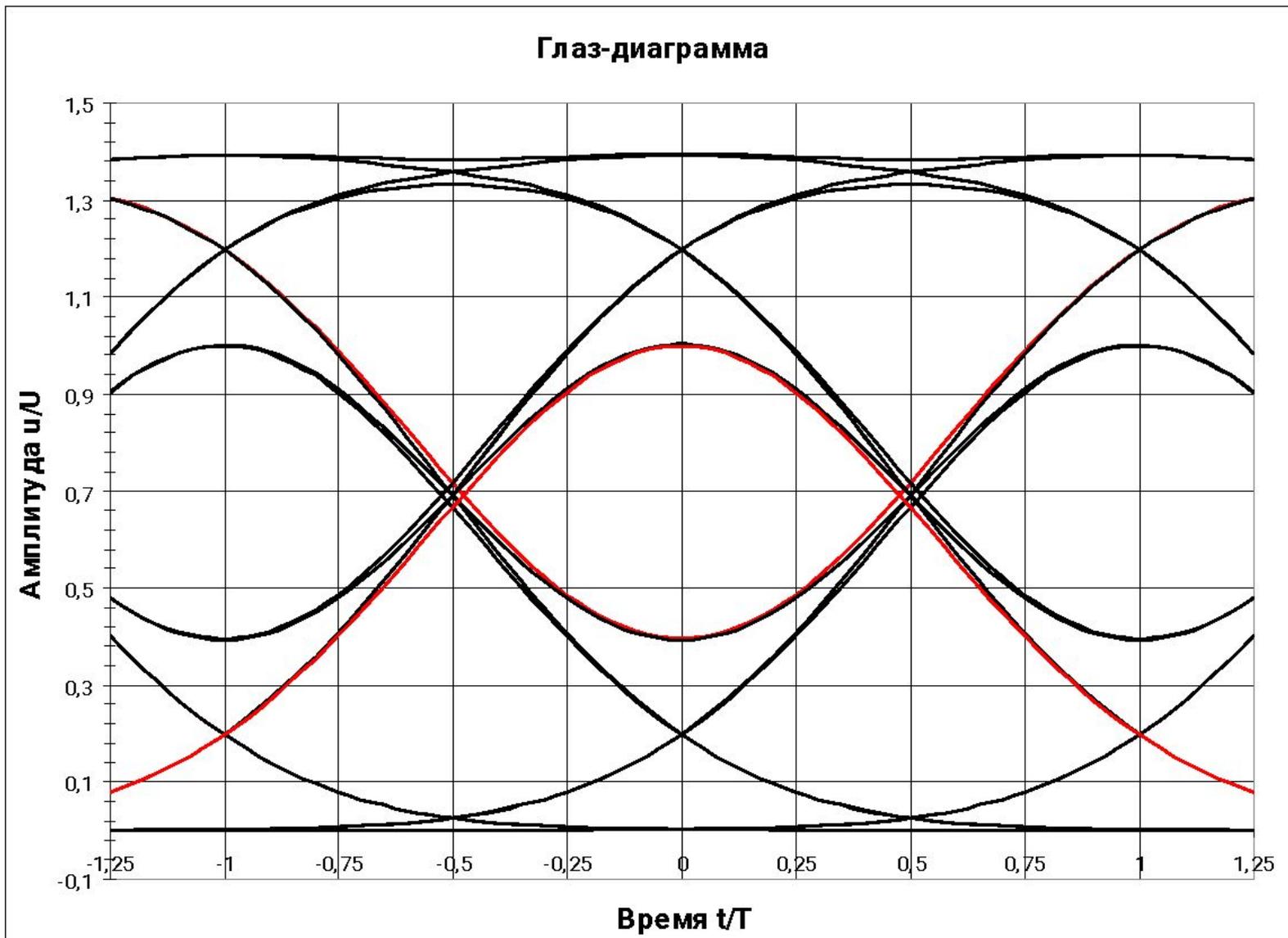
$$x_{\text{дон}} = \frac{u_{n \text{дон}}}{u_{n \text{эфф}}} = \frac{u_0 / 2}{u_{n \text{эфф}}}, \text{ то } A_{\text{нз треб 2}} = 20 \lg \left(\frac{u_0 / 2}{u_{n \text{эфф}}} \right) = 20 \lg x_{\text{дон}}.$$

$p_{ош}$	$A_{пз}, дБ$	$p_{ош}$	$A_{пз}, дБ$	$p_{ош}$	$A_{пз}, дБ$
0,0001	11,40873	10E-08	14,98308	10E-12	16,94577
10E-05	12,59847	10E-09	15,56069	10E-13	17,32548
10E-06	13,54059	10E-10	16,07192	10E-14	17,67454
10E-07	14,31955	10E-11	16,53035		

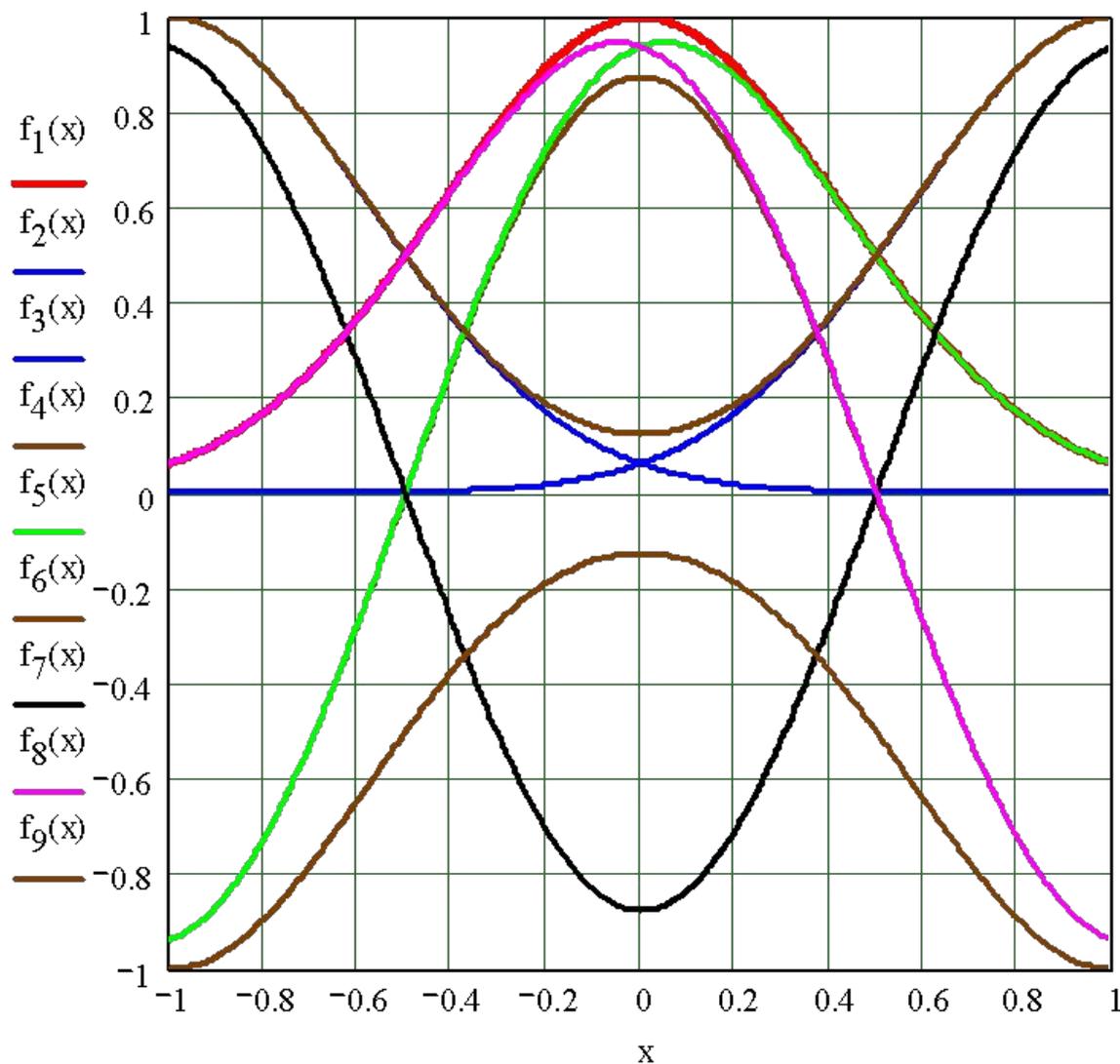
$$A_{пз\ треб} = N + M \lg \lg(1/p_{ош}) + 20 \lg(m_y - 1) + \Delta A_{рег}, дБ$$

$p_{ош}$	N	M	Погрешность расчета, дБ
10E-05 ... 10E-15	4,63	11,42	$\pm 0,04$
2·10E-06 ... 10E-15	4,75	11,3	$\pm 0,02$

Глаз-диаграмма для $m_y = 2$ и $K_{СК} = 1$



Глаз-диаграмма для экспоненциальных импульсов ($u/u_0 = 0.5$ при $t/T = 0.5$)



$$s := 0.5$$

$$k := -4 \cdot \ln(s) \rightarrow 2.77258872223978123$$

$$f_1(x) := e^{-k \cdot x^2} \quad f_2(x) := e^{-k \cdot (1-x)^2}$$

$$f_3(x) := e^{-k \cdot (-1-x)^2}$$

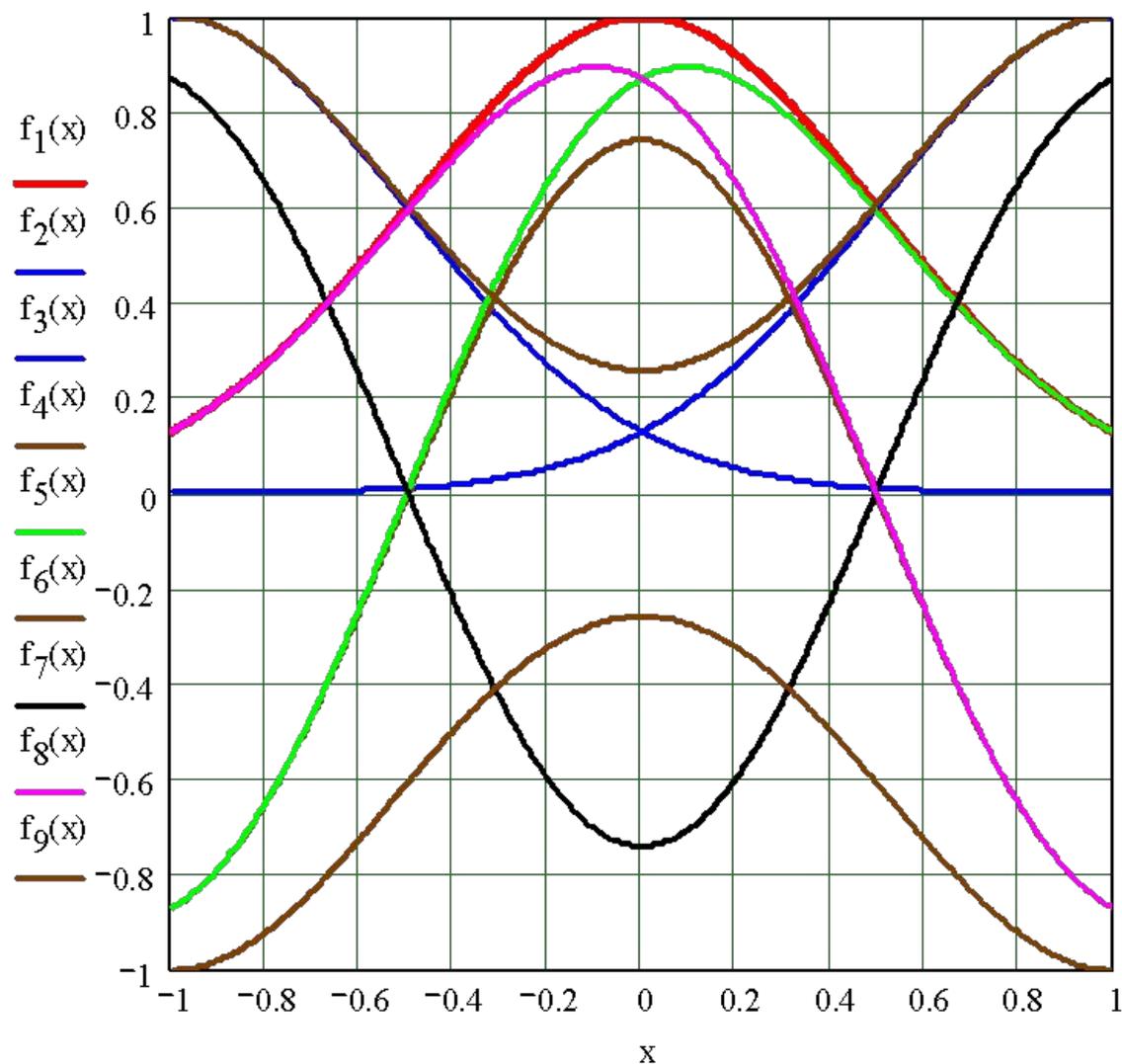
$$f_4(x) := f_1(x) - f_2(x) - f_3(x)$$

$$f_5(x) := f_1(x) - f_3(x)$$

$$f_6(x) := f_1(x) - f_4(x) \quad f_7(x) := -f_4(x)$$

$$f_8(x) := f_3(x) + f_4(x) \quad f_9(x) := -f_6(x)$$

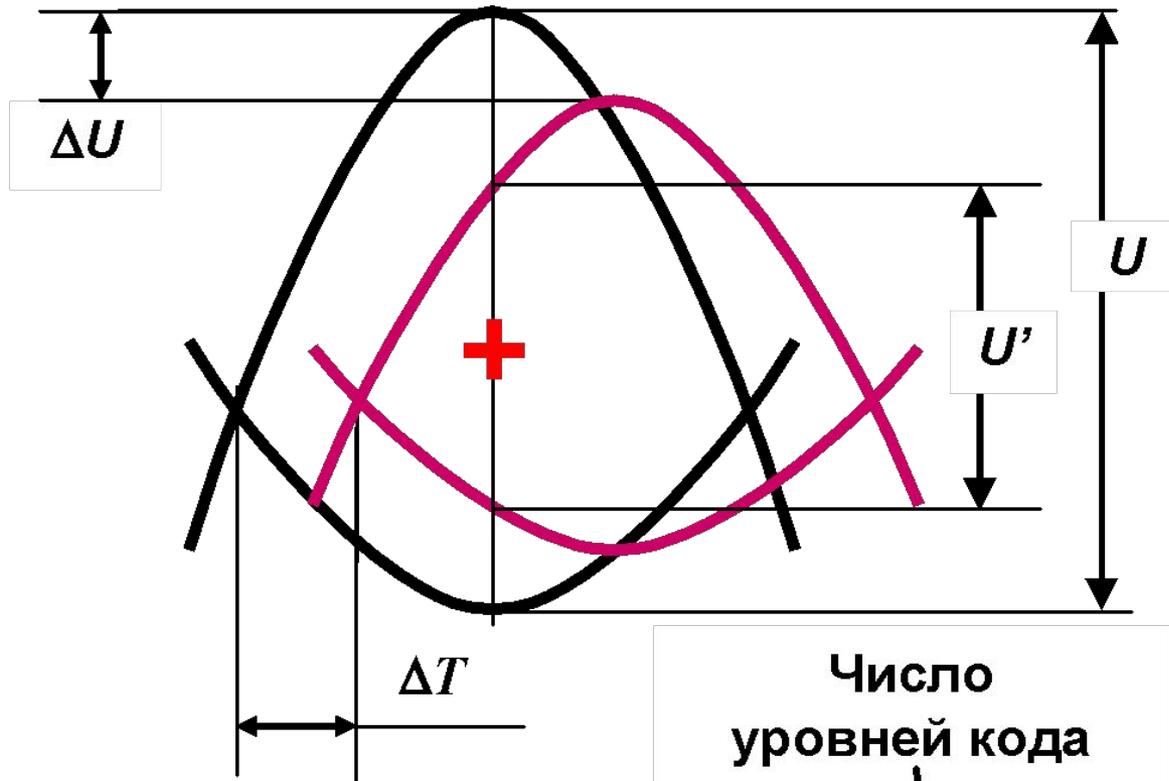
Глаз-диаграмма для экспоненциальных импульсов ($u/u_0 = 0.6$ при $t/T = 0.5$)



```

s := 0.6
k := -4 * ln(s) → 2.0433024950639627328
f1(x) := e-k·x2 f2(x) := e-k·(1-x)2
f3(x) := e-k·(-1-x)2
f4(x) := f1(x) - f2(x) - f3(x)
f5(x) := f1(x) - f3(x)
f6(x) := f1(x) - f4(x) f7(x) := -f4(x)
f8(x) := f3(x) + f4(x) f9(x) := -f6(x)
    
```

Влияние погрешностей на раскрыв глаз-диаграммы



$$\Delta A_{\text{рег}} = 20 \lg(U/U') + 20 \lg(m_y - 1) =$$
$$= 20 \lg[(m_y - 1)/(1 - R)]; R = (U - U')/U$$

Общая схема управления телекоммуникационными сетями.

С точки зрения ИТУ-Т, TMN – это отдельная, самостоятельная сеть, созданная для управления функционированием телекоммуникационной сетью.

Эта сеть использует стандартные интерфейсы и протоколы для получения информации и управления работой телекоммуникационной сетью.

Хотя TMN и является принципиально самостоятельной сетью, часто она использует ресурсы телекоммуникационной сети для обеспечения своих соединений.

В зависимости от поставленной задачи (проектирование, эксплуатация, введение новых услуг и т.д.) TMN рассматривается в различных аспектах, а именно:

- **Логическая архитектура**;
- **Информационная архитектура**, основанная на объектно-ориентированном подходе и принципах OSI;
- **Функциональная архитектура**, которая описывает основные функциональные блоки TMN и определяет интерфейсы между ними;
- **Физическая архитектура**, которая отображает функциональные блоки TMN на физические компоненты сети и описывает интерфейсы между различными физическими компонентами.



Рис. 10.2. Логическая архитектура TMN

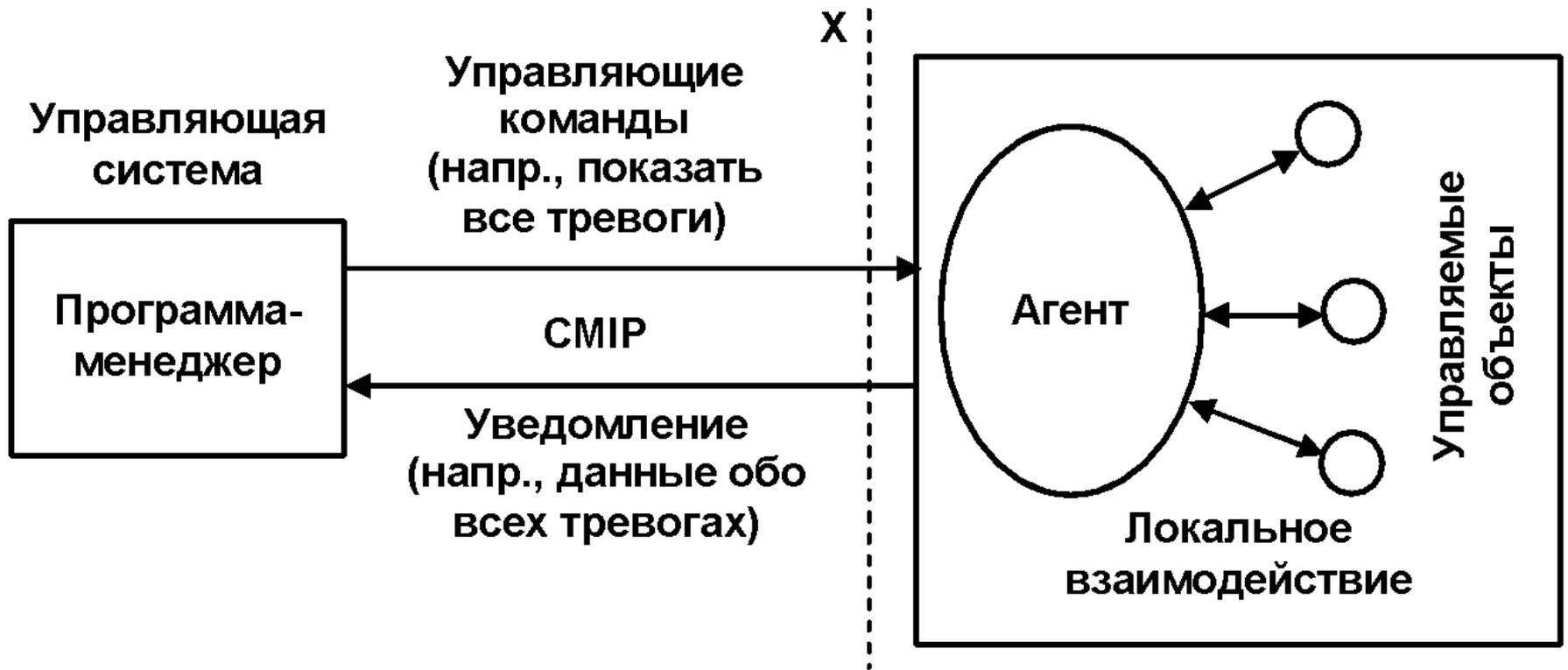
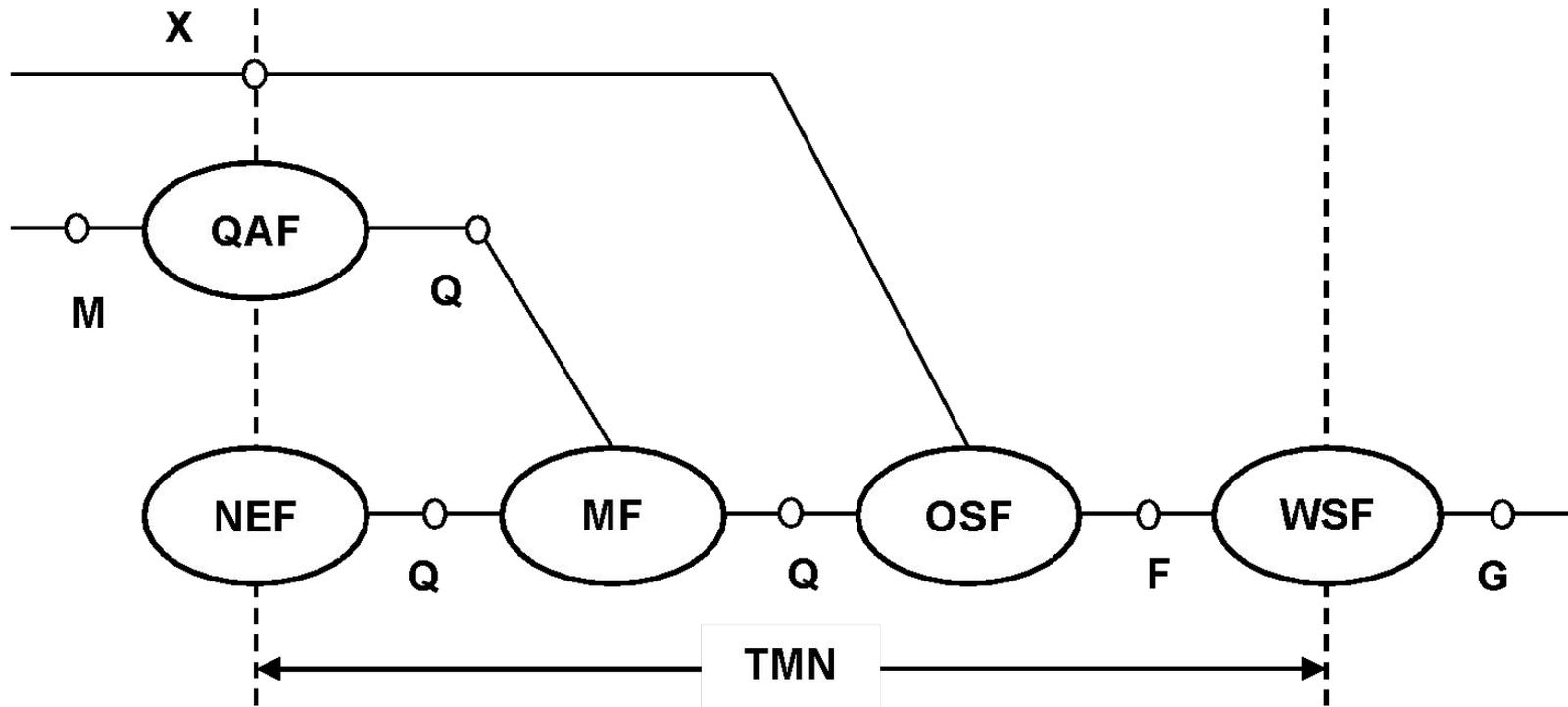


Рис. 10.4. Схема взаимодействия между менеджером, агентом и объектами

Функциональная архитектура TMN

Эта архитектура описывает основные функциональные блоки TMN и определяет интерфейсы между ними.



Функциональные блоки:

NEF– функции сетевого элемента;

OSF– функции поддержки системы управления или операционной системы;

MF– функции устройства взаимодействия;

QAF функции Q-адаптера;

WSF– функции рабочей станции.

Интерфейсы TMN

Q3 - обеспечивает связь между операционной системой OS, и элементами сети TMN.

Qx - обеспечивает в сети TMN связь между MD, сетевыми элементами (NE) и QA.

F - соединяет рабочие станции с OS или MD. Он может использовать протоколы поддержки, которые отличаются от семейства протоколов для интерфейсов Q3 и X.

X - применяется для обмена информацией управления между операционными системами различных сетей TMN.

M – соединяет сеть TMN с сетями управления, не поддерживающими интерфейсы TMN.

Схема управления сетевой структурой

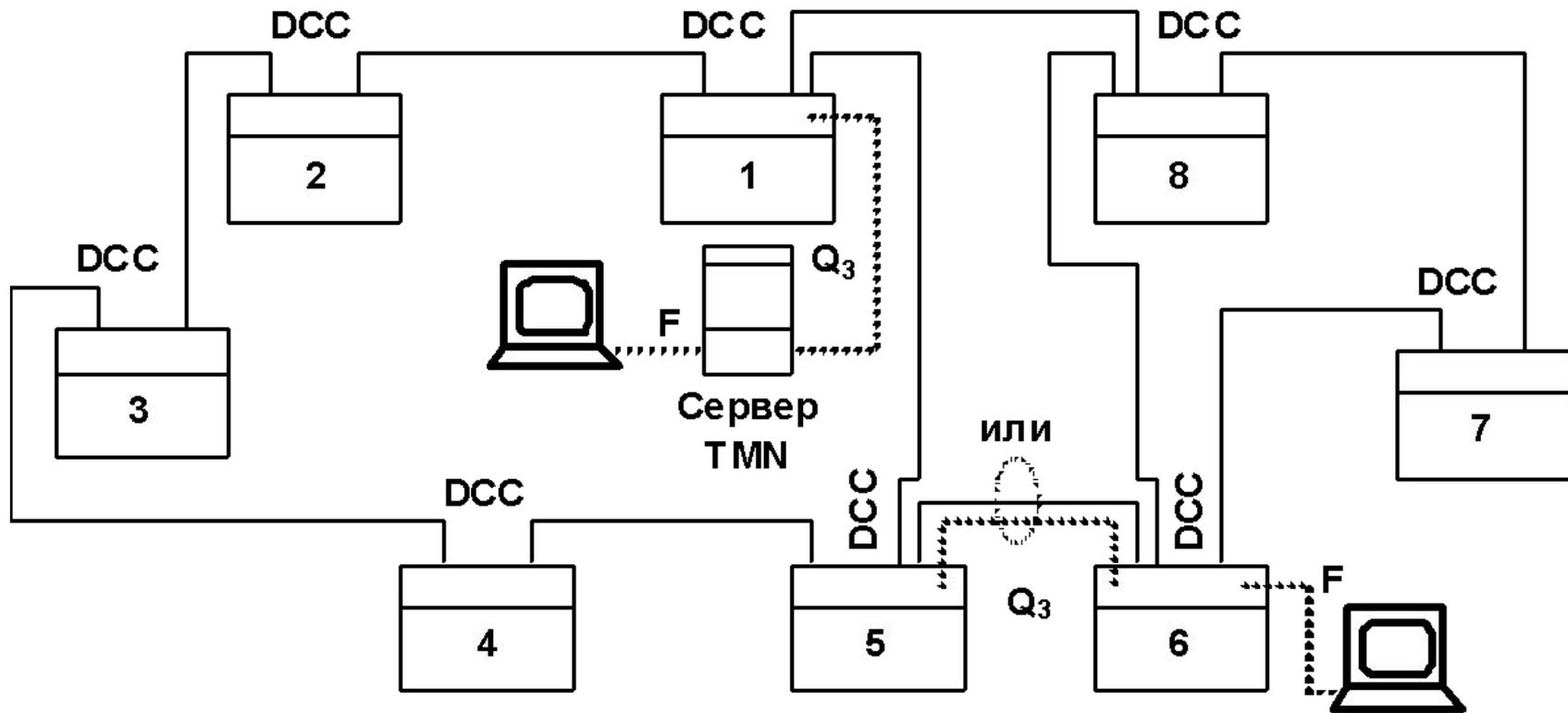
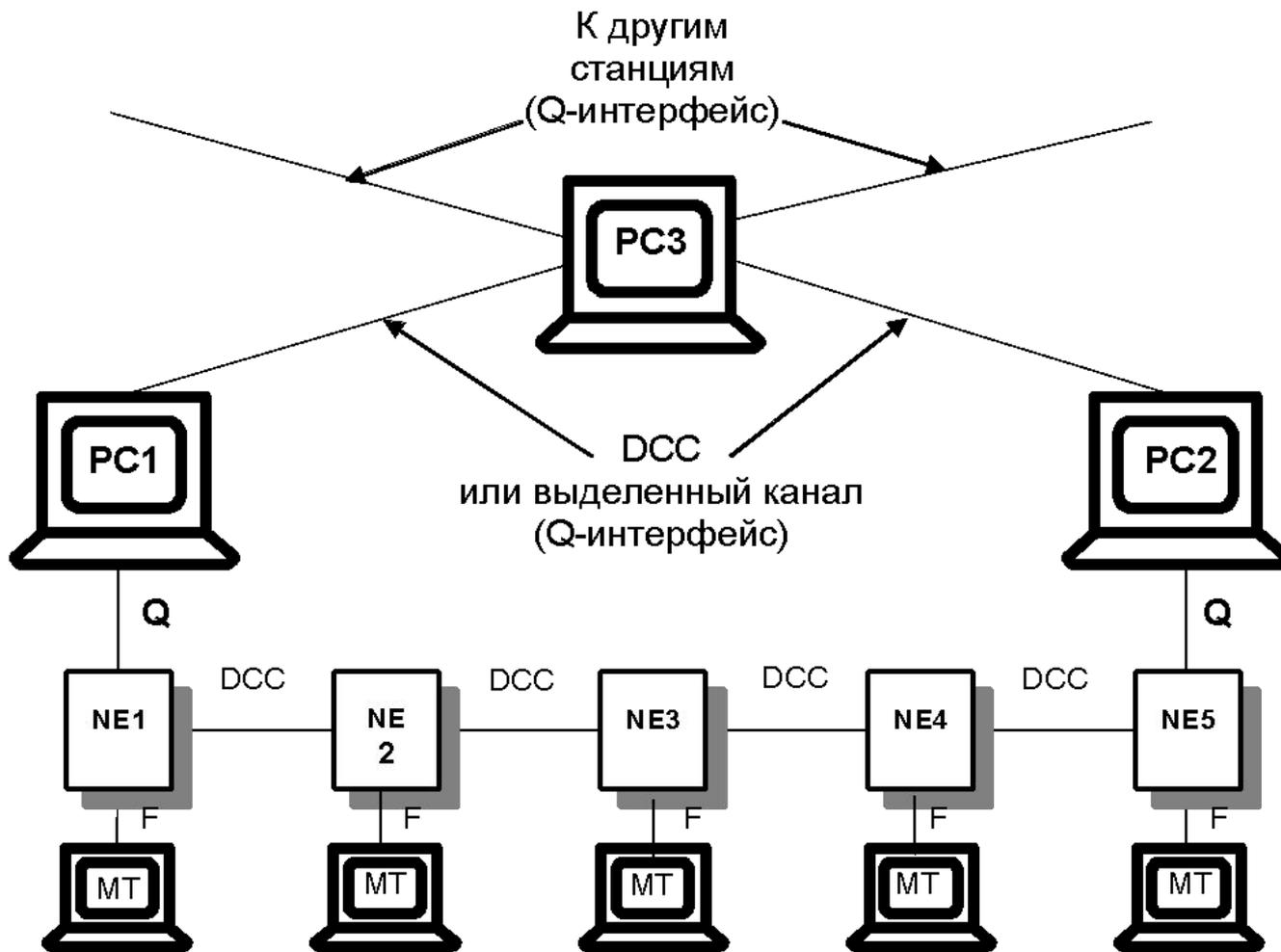


СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРОЙ СЦИ



NE – сетевые элементы, MT – местные терминалы.
1-й и 5-й элементы – шлюзовые.
PC – рабочие станции

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРОЙ СЦИ

Система обслуживания функционирует на двух уровнях:

- сетевом;
- элементов.

На этих двух уровнях в системе обслуживания должны выполняться следующие основные операции:

- доступ в систему;
- конфигурирование;
- обслуживание событий;
- контроль качества;
- администрирование.

Доступ в систему

- Для получения *доступа в систему управления* оператор системы управления должен знать индивидуальное имя пользователя и пароль. Для каждого сетевого элемента может быть зарегистрирована определённая группа пользователей.
- Пользователи должны быть разделены на категории: администратор, технический руководитель и оператор.
- Администратор системы может создавать новых пользователей, изменять пароли, обеспечивать членство в замкнутой группе пользователей.
- Технический руководитель сети (подсети) является техническим руководителем системы. Он имеет право на все операции в системе за исключением функций, связанных с управлением секретностью.
- Операторы сети также могут иметь разные уровни доступа в систему управления, отличающиеся как по возможным операциям (обслуживание событий, конфигурация), так и по уровню операций (СУ или СЭУ).

Конфигурирование на сетевом уровне

- *Конфигурирование на сетевом уровне* подразумевает конфигурирование трактов VC-n, m, что предполагает:
- образование трактов, изменение и запись их параметров, резервирование, уничтожение трактов, проверку трассы, уровней срабатывания аварийной сигнализации и так далее.
- Аналогично на этом уровне производится конфигурация трактов сети доступа и каналов, образуемых посредством соответствующих трактов.

Конфигурирование на уровне элементов

- *Конфигурирование на уровне элементов* относится к конфигурированию сетевых узлов (СЭ), что предполагает выбор узла, изменение и запись его параметров (адреса, комплектации и др.), уничтожение узла.
- Кроме этого осуществляется конфигурирование синхронизации, которое заключается в выборе режима синхронизации для каждого узла в системе.
- Осуществляется также конфигурирование оперативных переключений, резервирования блоков, трактов $VC-n,m$, уровней срабатывания аварийной сигнализации и некоторых других.

Контроль качества

- *Контроль качества* заключается в поддержке функции контроля качества на интерфейсах ПЦИ и СЦИ.
- Для контроля за рабочими характеристиками по показателям ошибок используются определенные временные интервалы (текущий короткий, предыдущий короткий, несколько прошедших коротких, текущий длинный и предыдущий длинный интервалы).
- Полученные данные передаются в систему управления по запросу пользователя или регулярно, или при превышении порога показателя ошибок.

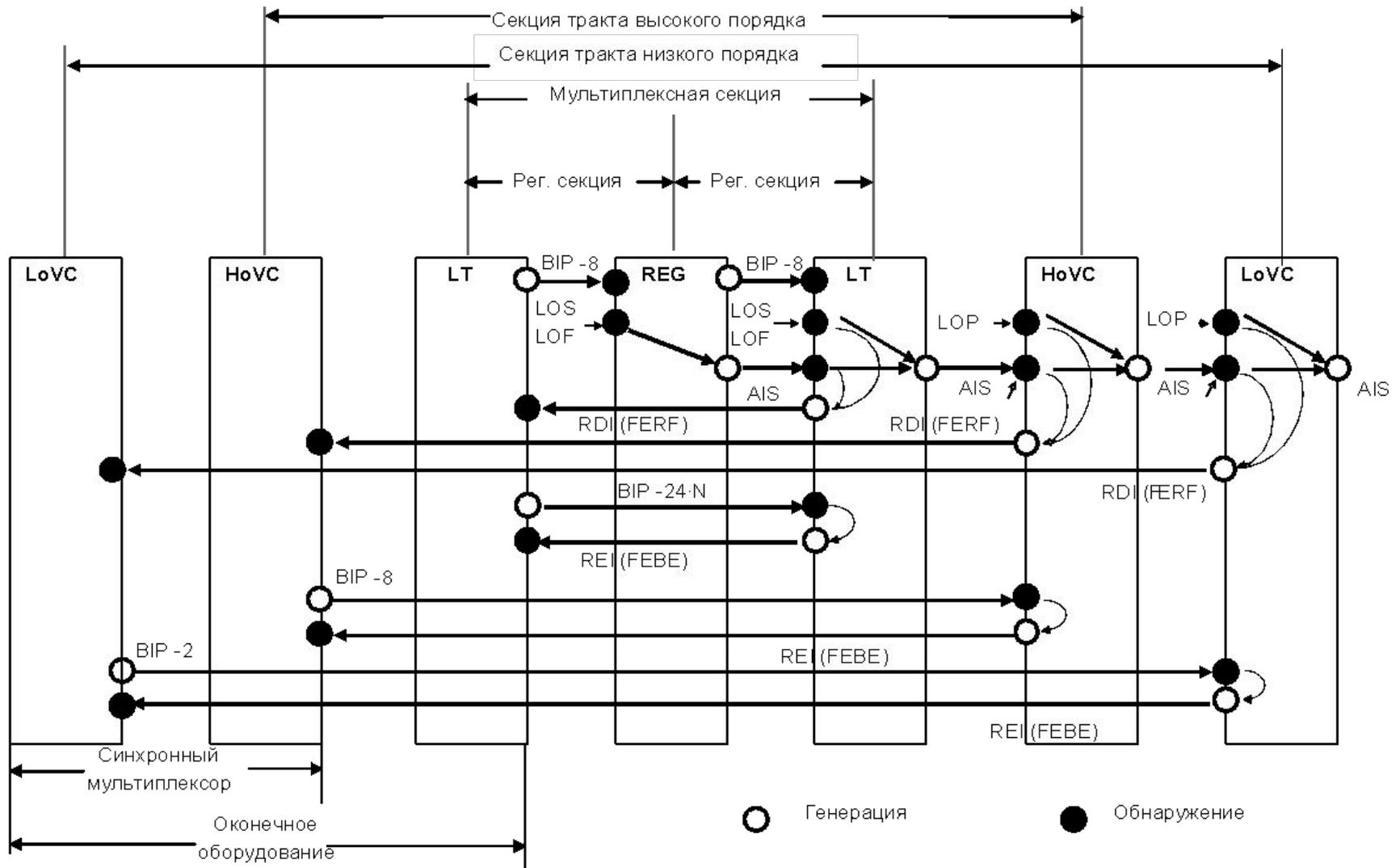
Администрирование

- *Администрирование* заключается в создании, модификации и уничтожении пользователей. Эти операции позволяют создать пользователя со своим именем и паролем, изменить привилегии пользователя и изъять пользователя из системы управления.
- Администрирование позволяет осуществлять запуск и остановку системы управления, устанавливать параметры периферийных устройств, создавать архивы и восстанавливать базы данных, получать полный список аварийных событий, вводить или уничтожать блоки с точки зрения системы управления.

Обслуживание событий

- *Обслуживание событий* обеспечивается сигнализацией и регистрацией аварийной информации.
- Все происходящие события должны быть отражены на экранах мониторов сетевых и рабочих станций, с помощью аварийной сигнализации стойки/ряда/станции через станционный интерфейс и с помощью аварийной сигнализации аппаратуры СЦТС.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИГНАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ



Основные параметры качества передачи по цифровым каналам и трактам:

- показатели ошибок передачи;
- показатели дрейфа фазы (блуждания и дрожания фазы) сигналов передачи;
- показатели проскальзываний при передаче;
- время распространения в цифровых каналах и трактах;
- показатели надежности каналов и трактов.

Нормы на показатели ошибок



Нормы на параметры надёжности

Показатель	Канал ТЧ или ОЦК независимо от применяемой ЦСП	ОЦК на перспективной цифровой сети	Оборудование линейного тракта
МСП $L_M = 200$ км			
Коэффициент готовности, K_G	> 0,997	> 0,9994	0,9987
Среднее время между отказами, $T_{о, час}$	> 400	> 7000	> 2500
Время восстановления, $T_{в, час}$	< 1,1	< 4,24	*)
ВЗПС $L_M = 1400$ км			
Коэффициент готовности, K_G	> 0,99	> 0,998	0,99
Среднее время между отказами, $T_{о, час}$	> 111,4	> 2050	> 350
Время восстановления, $T_{в, час}$	< 1,1	< 4,24	*)
СМП $L_M = 12500$ км			
Коэффициент готовности, K_G	> 0,92	> 0,982	0,92
Среднее время между отказами, $T_{о, час}$	> 12,54	> 230	> 40
Время восстановления, $T_{в, час}$	< 1,1	< 4,24	*)
<p>*) Для оборудования линейных трактов на МСП, ВЗПС и СМП должно быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - время восстановления необслуживаемого регенерационного пункта (НРП) $T_{в нрп} < 2,5$ час (в том числе время подъезда – 2 часа); - время восстановления окончного и обслуживаемого регенерационного пункта $T_{в оп,орп} < 0,5$ час ; - время восстановления оптического кабеля (ОК) $T_{в ок} < 10$ час (в том числе время подъезда не более 3,5 час). 			

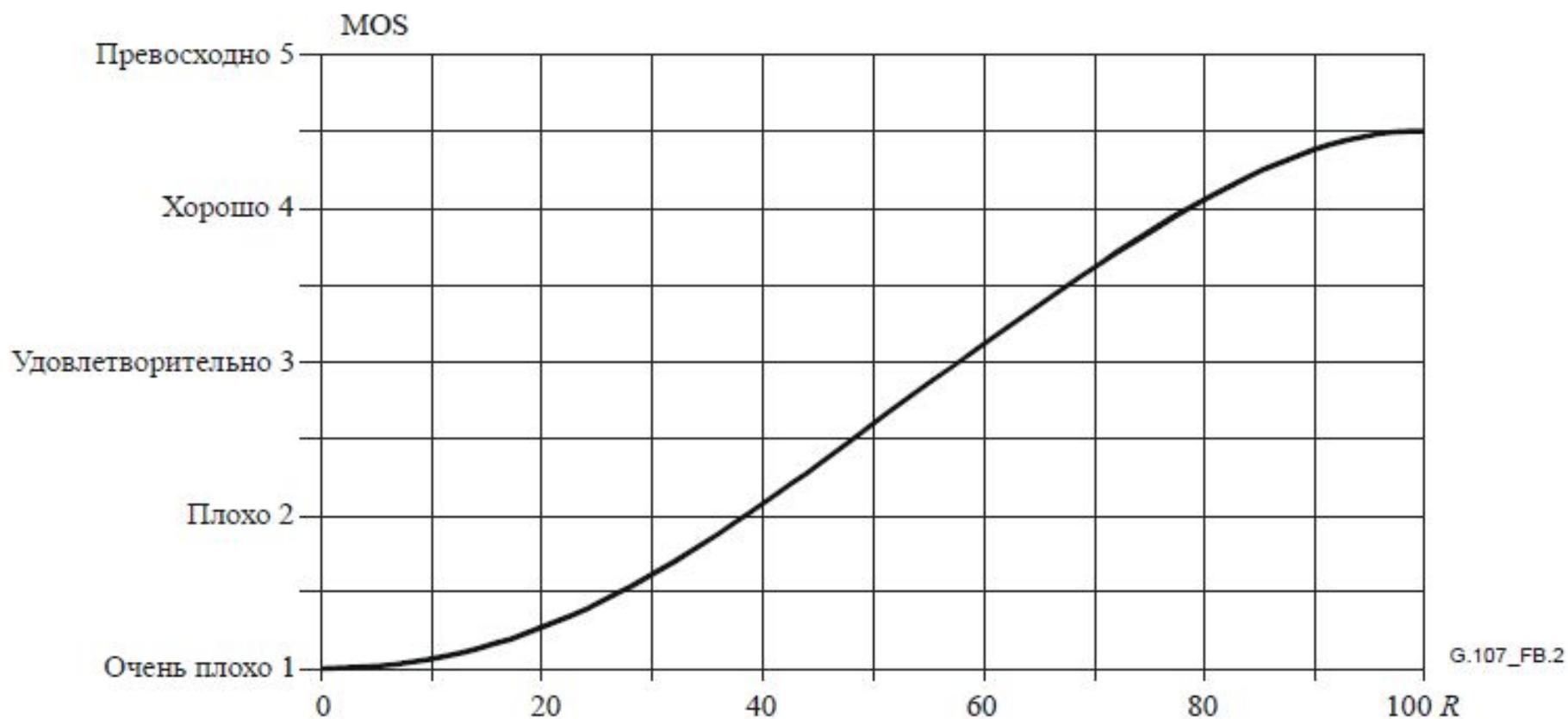
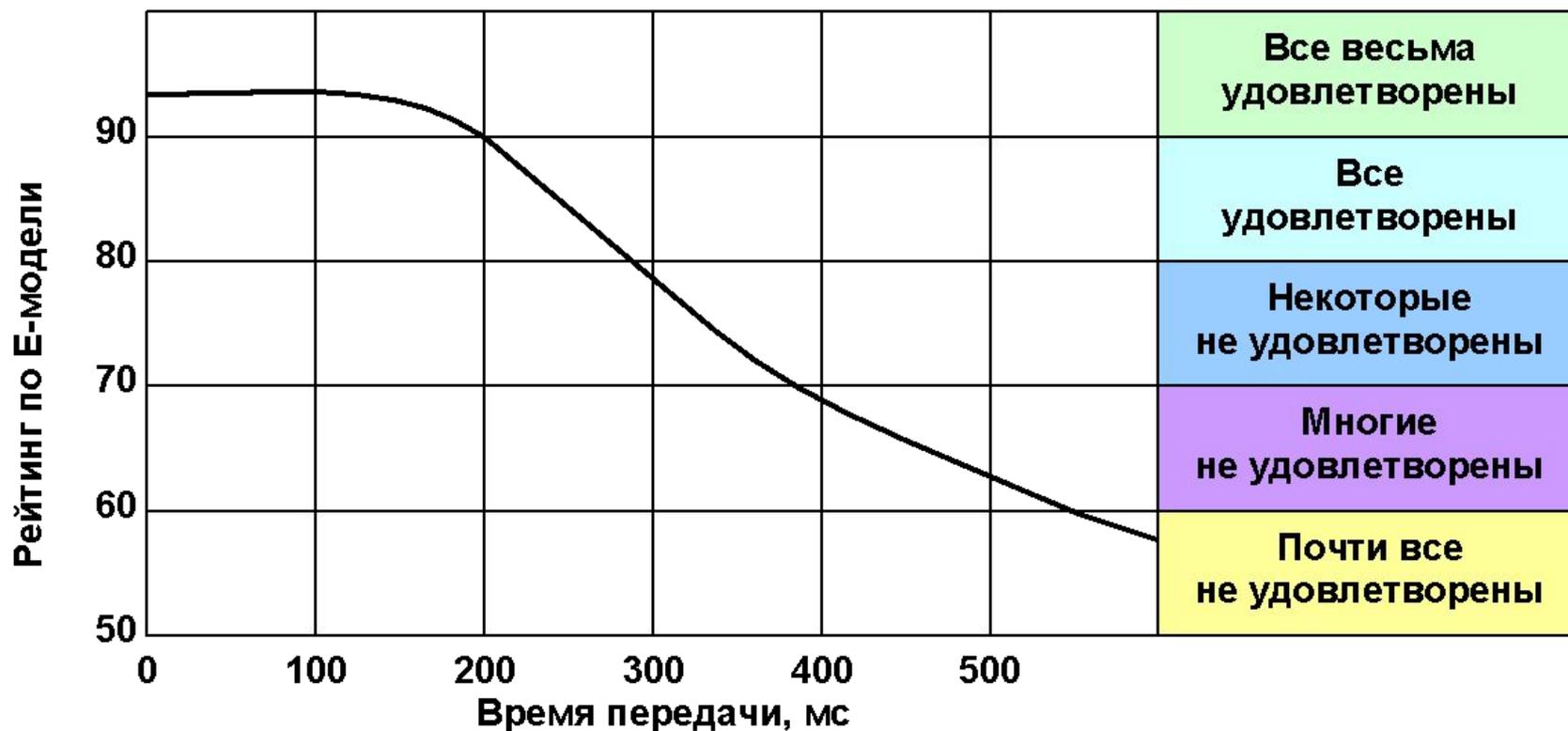
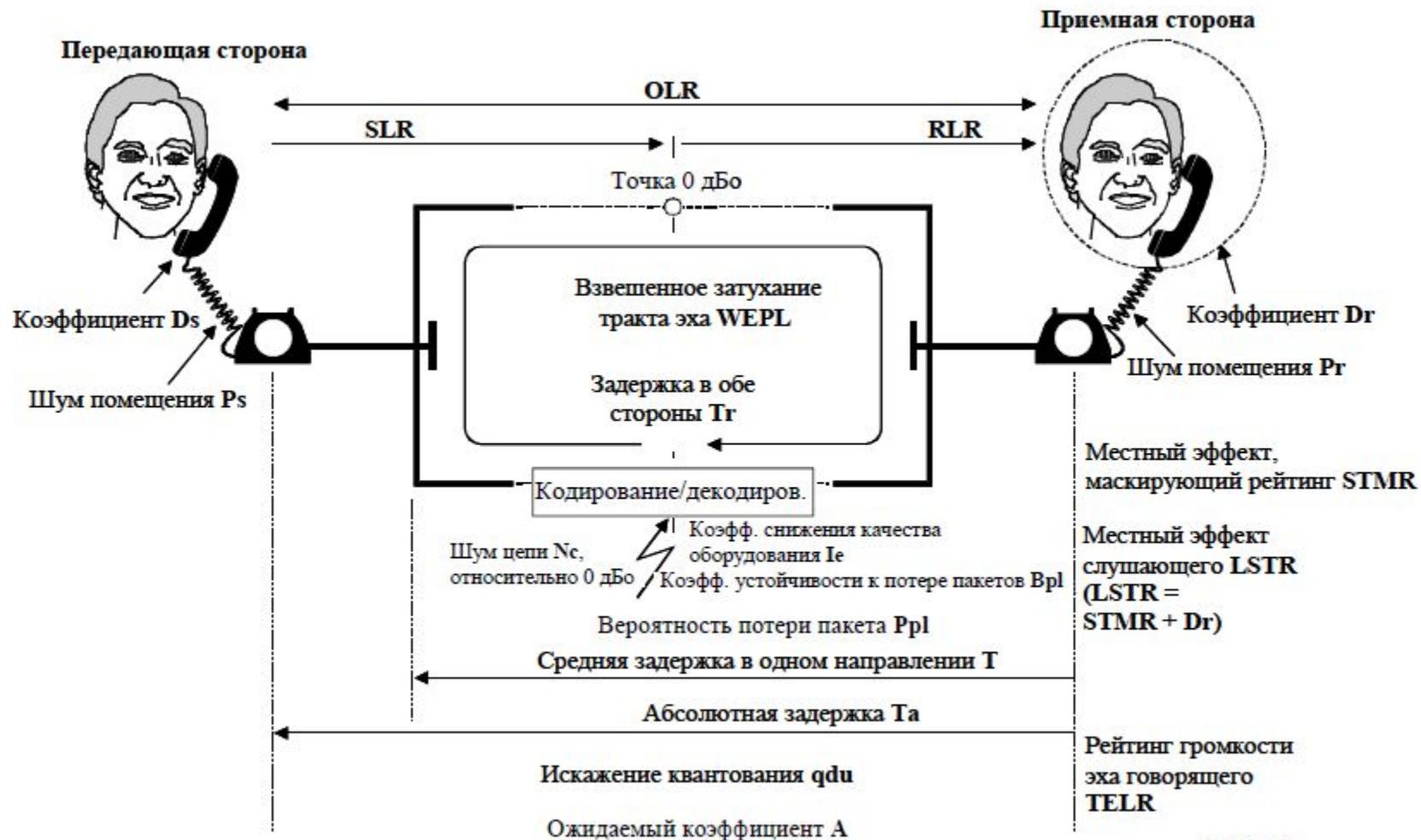


Рисунок В.2/G.107 – Значения MOS_{CQE} как функции от коэффициента рейтинга R

Качество передачи в зависимости от времени передачи

Е-модель - G.107, график - G.114





G.107_F01

Рисунок 1/G.107 – Эталонное соединение E-модели

Теоретические периоды проскальзываний

- Рек. G.822 нормирует только управляемые октетные проскальзывания для гипотетического международного соединения (ГЭС) 64 кбит/с длиной 27500 км.
- ГЭС содержит 13 узлов. Если они автономны, но имеют стабильность частоты согласно Рек. G.811 ($<10^{-11}$), то теоретический период проскальзываний в указанном соединении составляет $70/13=5,8$ суток. Если же каждая из двух конечных национальных сетей работает в синхронном режиме, то период проскальзываний равен $70/4=17,5$ суток (при четырех промежуточных международных звеньях).
- На практике число проскальзываний может увеличиваться из-за влияния ряда факторов.

Нормирование проскальзываний

Категория качества	Средняя частота проскальзываний для ГЭС	Доля периода наблюдений, %
a	не более 5/сутки	> 98,9
b	более 5/сутки, но не более 30/час	< 1
c	более 30/час	< 0,1
Время наблюдения 1 год		

Участок ГЭС	Доля норм от ГЭС, %	Нормы (% общего времени)	
		b	c
Международный Транзитный	8	0,08	0,008
Каждый национальный транзитный	6	0,06	0,006
Каждый местный	40	0,4	0,04

Параметры ошибок для ОЦК (G.821 МСЭ-Т):

- **секунда с ошибками ES_K** - период в 1 секунду, в течение которого наблюдалась хотя бы одна ошибка;
- **секунды, пораженные ошибками SES_K** - период в 1 секунду, в течение которого коэффициент ошибок был более 10^{-3} .

Для этих интервалов определены коэффициенты ошибок:

- **коэффициент ошибок по секундам с ошибками ESR** - отношение числа ES_K к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений.
- **коэффициент ошибок по секундам, пораженных ошибками $SESR$** - отношение числа SES_K к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений.

Параметры ошибок для сетевых трактов (G.826 МСЭ-Т):

- **блок** - последовательность, ограниченная по числу бит, относящихся к данному тракту; при этом блоки не должны перекрываться, количество бит в блоке зависит от скорости передачи;

- **блок с ошибками** EB_T - блок, в котором один или несколько битов являются ошибочными;

- **секунда с ошибками** ES_T - период в 1 секунду с одним или несколькими ошибочными блоками;

- **секунда, пораженная ошибками** SES_T - период в 1 секунду, содержащий $\geq 30\%$ блоков с ошибками (EB) или, по крайней мере, один период с серьезными нарушениями;

- **коэффициент ошибок по секундам с ошибками ESR** - отношение числа ES_T к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений;

- **коэффициент ошибок по секундам, пораженных ошибками SESR** - отношение числа SES_T к общему числу секунд в период готовности в течение фиксированного интервала измерений;

- **период с серьезными нарушениями SDP** - период длительностью, равной 4 смежным блокам, в каждом из которых коэффициент ошибок $\geq 10^{-2}$ или в среднем за 4 блока коэффициент ошибок $\geq 10^{-2}$, или же наблюдалась потеря сигнальной информации;

- **блок с фоновой ошибкой BBE** - блок с ошибками, не являющийся частью SES;

- **коэффициент ошибок по блокам с фоновыми ошибками BBER** - отношение числа блоков с фоновыми ошибками ко всему количеству блоков в течение готовности за фиксированный интервал измерений за исключением всех блоков в течение SES_T .

Период неготовности для одного направления тракта

Период, начинающийся с 10 последовательных секунд SES (эти 10 секунд считаются частью периода неготовности) и заканчивающийся до 10 последовательных секунд без SES (эти 10 секунд считаются частью периода готовности).

Гипотетическая цепь распределения норм на ошибки международного тракта



Правила распределения РО

1. На международный участок: 2% на каждую страну транзита и 1% на каждый шлюз (один или два шлюза могут быть отнесены к национальным участкам).
2. На национальный участок: 17,5%.
3. К этим долям добавляется доля, учитывающая расстояние: 0,2% на каждые 100 км протяженности. Величина протяженности округляется вверх с точностью до 500 км.
4. Если фактическое расстояние неизвестно, принимается расстояние по воздушной трассе, умноженной на коэффициент:
 - 1,5, если протяженность трассы <1000 км;
 - 1,25, если протяженность трассы >1200 км;
 - если протяженность трассы >1000, но <1200 км, принимается протяженность 1500 км.
5. Если на международном участке имеется спутниковая часть, на участок отводится единая доля, равная 35%.
6. Если на национальном участке имеется спутниковая часть, на участок отводится единая доля, равная 42%.
7. Международный участок не должен быть более 26500 км.
8. Если на международный участок приходится менее 6%, на него отводится 6%.
9. Если суммарная доля на тракт >100%, операторы должны уменьшить свои доли.

Целевые нормы

- *Целевые качественные показатели (целевые нормы) - Performance Objectives (PO)* являются основой сетевого проектирования ЦТС. Согласно рекомендациям МСЭ-Т, главные функции этих норм таковы:
 - а) информация пользователей сети об ожидаемом в условиях эксплуатации качестве связи;
 - б) создание базы для разработки стандартов на качественные показатели систем и аппаратуры передачи.

Эксплуатационные нормы

- Эксплуатационные нормы предусматривают непрерывный контроль в процессе эксплуатации (без перерыва связи).
- При вводе в эксплуатацию и после восстановления (после ремонта) проводятся измерения с перерывом СВЯЗИ.

Принципы использования эксплуатационных норм

- исходные эксплуатационные нормы для гипотетического эталонного тракта, используемые для расчета порогов ввода в эксплуатацию, принимаются в два раза жестче по сравнению с целевыми;
- при расчете эксплуатационных порогов используются коэффициенты, учитывающие старение аппаратуры и среду передачи;
- в формулы для расчета эксплуатационных порогов вводится зависимость величины порогов от длительности измерений.

Целевые нормы (PO)

Тип тракта	Тандемное соединение	ESR	SESR	BBER
VC-12	TC-12	0,01	0,002	5×10^{-5}
VC-2	TC-2	0,01	0,002	5×10^{-5}
VC-3	TC-3	0,02	0,002	5×10^{-5}
VC-4	TC-4	0,04	0,002	1×10^{-4}
VC-4-4с	TC-4-4с	Не применяется	0,002	1×10^{-4}
VC-4-16с	TC-4-16с	Не применяется	0,002	1×10^{-4}
VC-4-64с	TC-4-64с	Не применяется	0,002	1×10^{-3}

Эксплуатационные нормы (MPO)

Тип тракта	ESR	SESR	BBER
VC-12	0,005	0,001	$2,5 \cdot 10^{-5}$
VC -2	0,005	0,001	$2,5 \cdot 10^{-5}$
VC -3	0,01	0,001	$2,5 \cdot 10^{-5}$
VC -4	0,02	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$
VC -4-4с	Не применяется	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$
VC -4-16с	Не применяется	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$
VC -4-64с	Не применяется	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$

- Для определения норм на параметры ошибок необходимо выполнить разделение реального цифрового тракта на однородные участки. Нормы на реальный тракт равны сумме составляющих однородных участков.
- В пределах однородного участка действует зона ответственности одного оператора, имеется однотипная среда передачи и цифровой тракт принадлежит одной категории (т. е. является либо транзитным участком транспортной сети, либо национальным участком транспортной сети, либо участком доступа).

- **Принадлежность тракта определяется:**
- по результатам измерения показателей ошибок;
- по возможности организации транзита через данный тракт международного трафика зарубежных стран, для которых данный тракт является промежуточным;
- цифровой магистральный тракт СЦИ или ПЦИ может принадлежать как транзитному, так и национальному участку транспортной сети;
- цифровые тракты СЦИ или ПЦИ местной сети относятся к национальному участку транспортной сети;
- цифровой внутризоновый тракт СЦИ или ПЦИ, как правило, относится к национальному участку транспортной сети;
- цифровой тракт ПЦИ, образованный в системах ПЦИ на металлическом кабеле, не рекомендуется применять для транзитного участка транспортной сети.

Доли исходной эксплуатационной нормы

Длина L однородного участка тракта, км	Доля исходной нормы, %	
	Транзитный участок (a^T)	Национальный участок (a^N)
$L \leq 100$	1,2	4
$100 < L \leq 200$	1,4	4,2
$200 < L \leq 300$	1,6	4,4
$300 < L \leq 400$	1,8	4,6
$400 < L \leq 500$	2	4,8
$500 < L \leq 1000$	3	5,8
$1000 < L \leq 2500$	4	6,8
$2500 < L \leq 5000$	6	8,8
$5000 < L \leq 7500$	8	10,8
$L > 7500$	10	12,8

$$SPO = \frac{MPO_i \times \sum_{i=1}^M a_i \times F_i}{100}$$

При условии использования РРЛ

Для нормальных условий распространения	Для неблагоприятных условий распространения
$F_i = 1$ (ноябрь – февраль)	$F_i = 4$ (июнь - август) $F_i = 2$ (март – май, сентябрь – октябрь)

Расчетные величины эксплуатационных норм на показатели ошибок

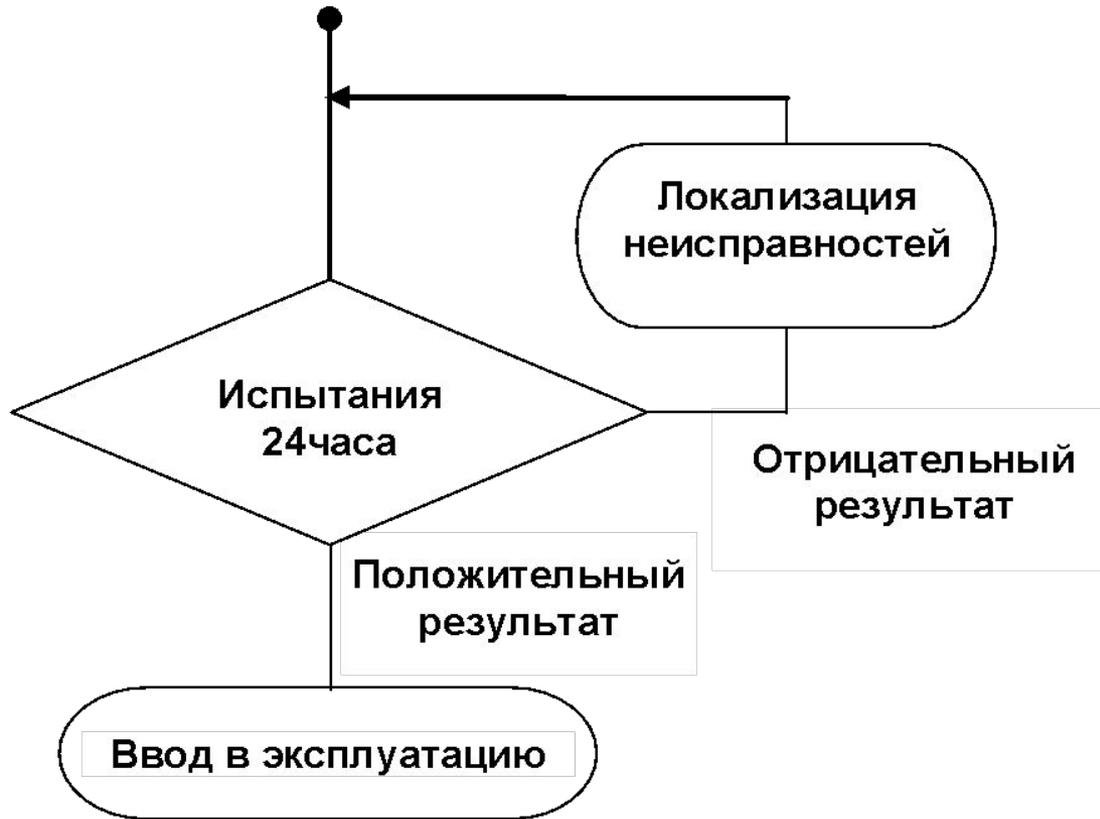
<i>MPO</i>	Maintenance performance objective	исходная эксплуатационная норма на гипотетический эталонный (полный цифровой) тракт
<i>APO</i> <i>(MPO · p)</i>	allocated performance objective	выделенная доля эксплуатационной нормы
Определение суммарной выделенной доли <i>APO</i> → <i>SPO</i>		
<i>RPO</i> <i>(SPO · T)</i>	reference performance objective	выделенная доля эксплуатационной нормы для данного периода измерений
<i>BISPO</i> <i>(RPO · k₁)</i>	bringing-into-service performance objective	значение показателя качества для данного периода измерений
<i>p</i>	part	доля
<i>S</i>	<i>BISPO · 2√BISPO</i>	пороговое значение для ввода в эксплуатацию
<i>DPL</i> <i>(RPO · k₂)</i>	degraded performance level	порог (уровень) ухудшения качества
<i>UPL</i> <i>(RPO · k₃)</i>	unacceptable performance level	порог (уровень) недопустимого качества
<i>ARPL</i> <i>(RPO · k₄)</i>	after repair performance level	уровень качества после ремонта

Значение коэффициента k от вида испытаний

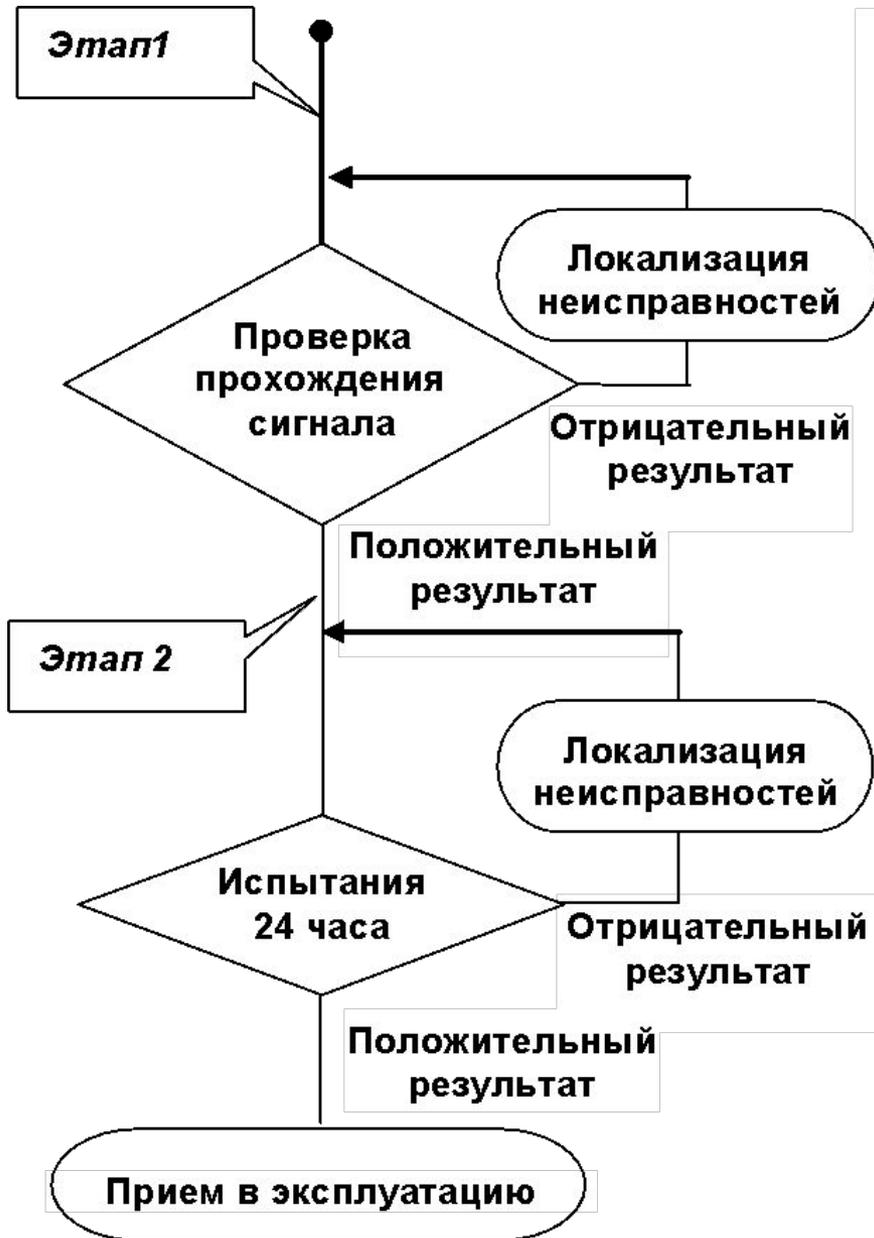
Вид испытания	Системы передачи	Сетевые тракты, участки, ОЦК
	k	
Ввод в эксплуатацию	0,1	0,5
Ввод после ремонта	0,125	0,5
Пониженное качество	0,5	0,75
Эталонная норма	1,0	1,0
Вывод из эксплуатации	> 10	> 10

Тракты VC	VC -12	VC -2	VC -3	VC -4
ES (с)	≥ 120	≥ 120	≥ 150	≥ 180
SES (с)	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15
Тракты STM-N	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
ES (с)	≥ 50	≥ 50	≥ 65	≥ 80
SES	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10
Пороги URPL (15-и минутный тест)				

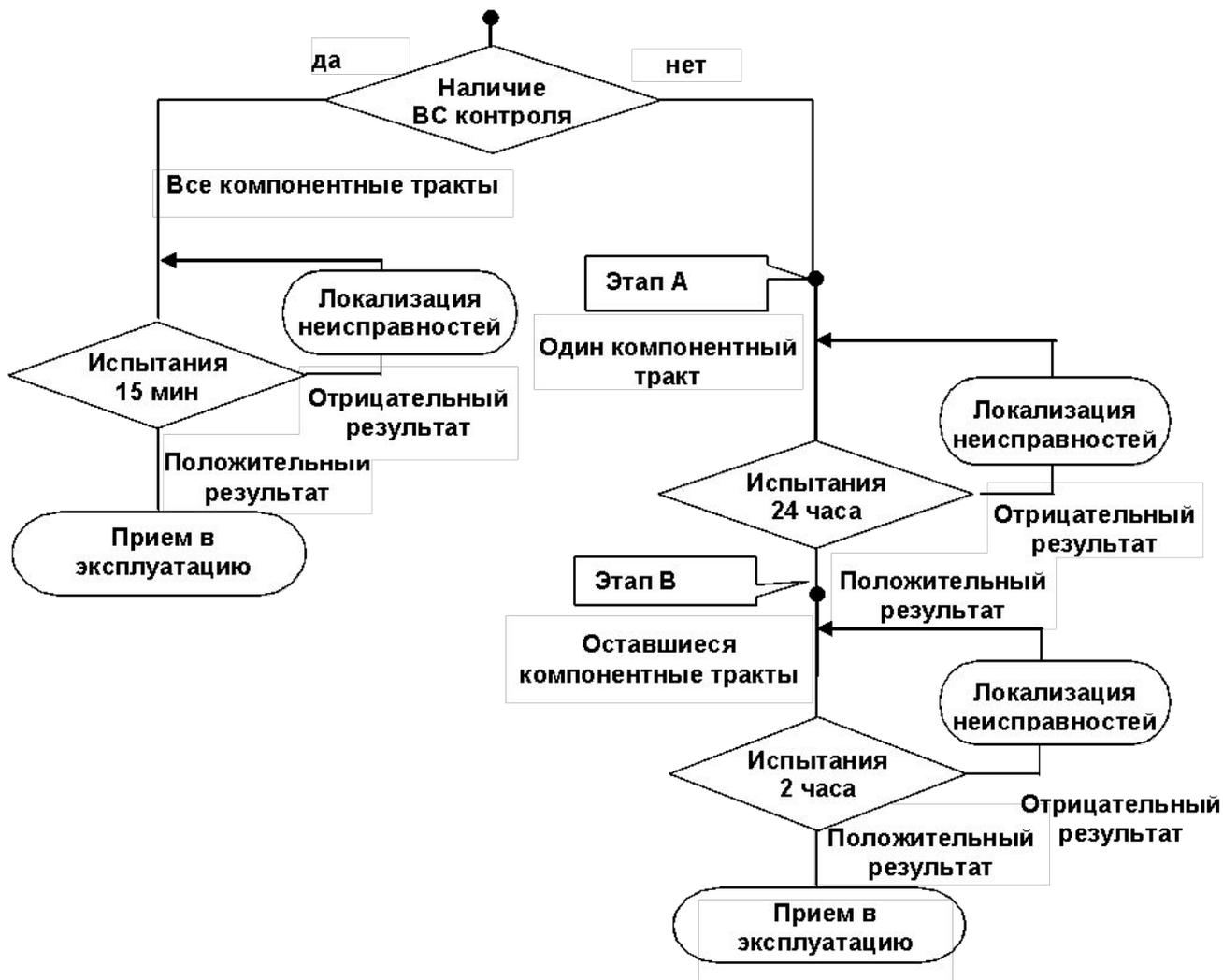
Алгоритм испытания секции мультиплексирования



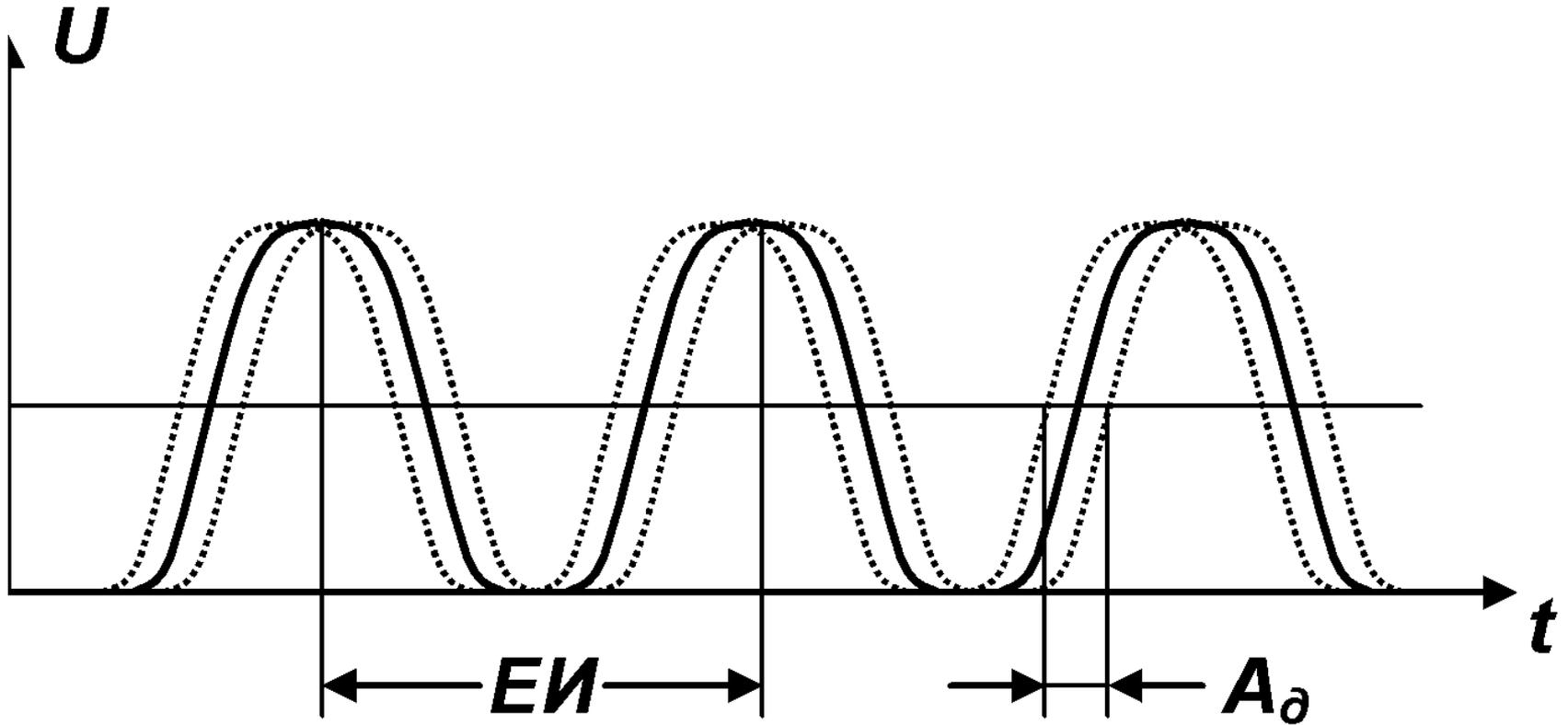
Алгоритм испытаний цифровых трактов



Алгоритм испытаний нескольких компонентных трактов с одинаковой трассой



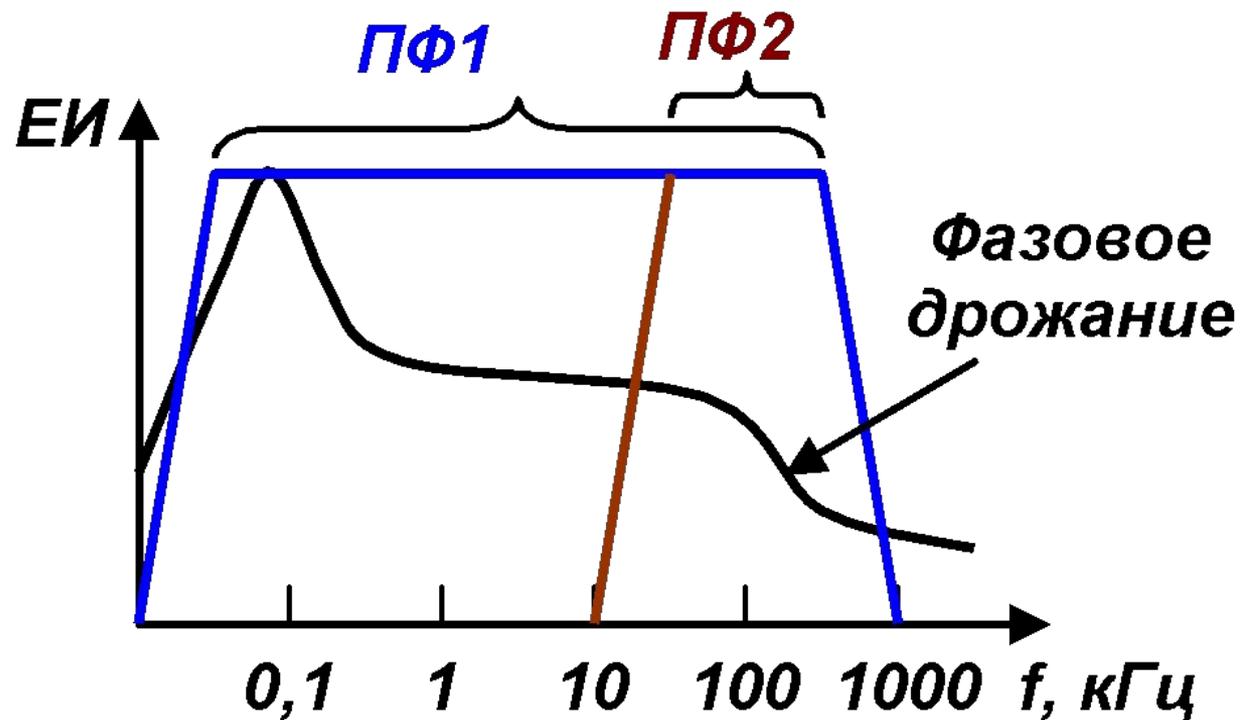
Фазовые дрожания



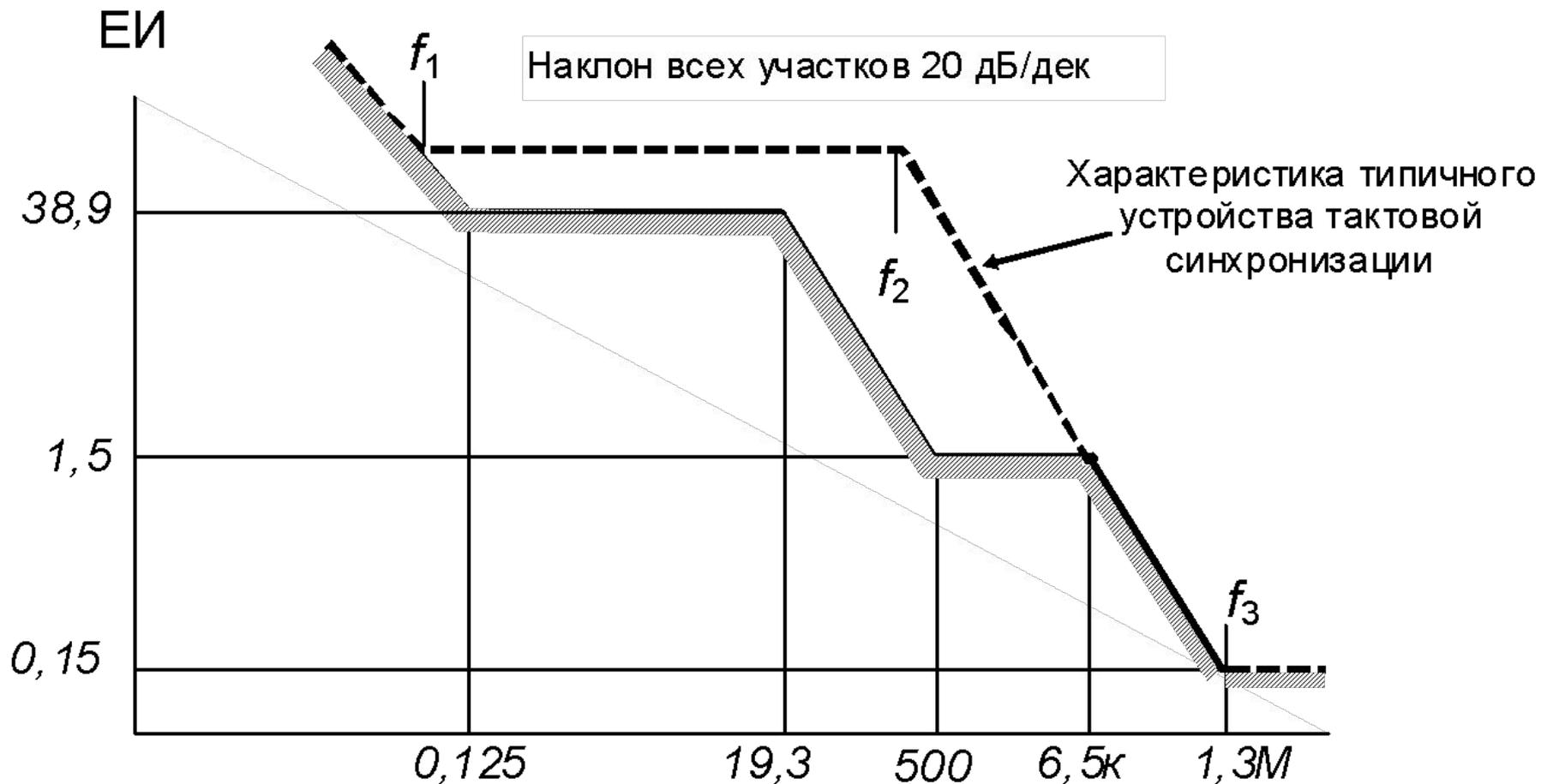
Классификация норм на фазовые флуктуации

1. Максимальный сетевой предел, который не должен превышать на сетевых интерфейсах.
2. Предельный коэффициент передачи фазовых флуктуаций.
3. Допуск на величину фазовых флуктуаций на входе оборудования.
4. Допуск на выходные флуктуации оборудования (при отсутствии флуктуаций на входе).

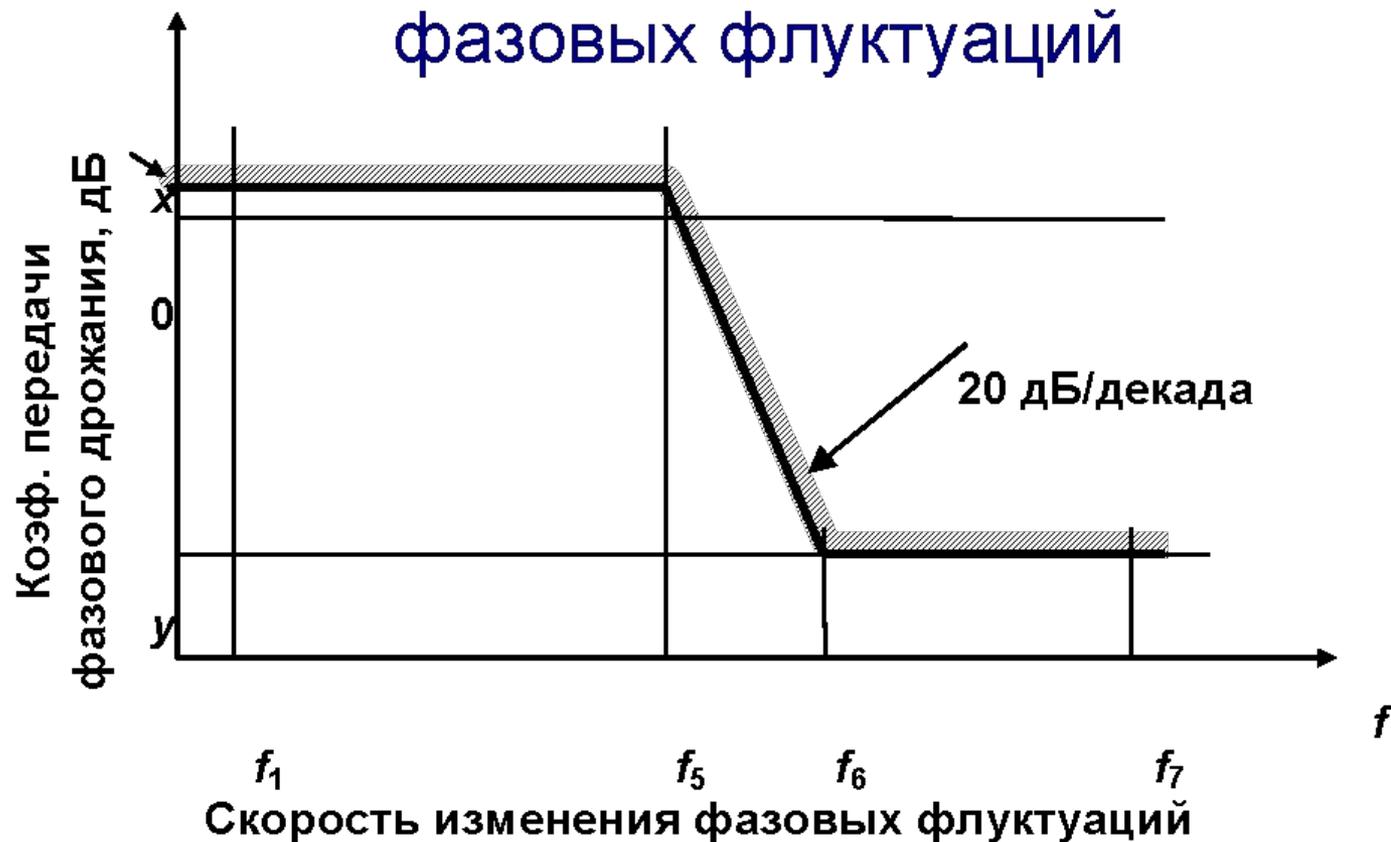
Спектральный состав фазового дрожания



Пример маски допустимых фазовых флуктуаций на входе оборудования STM-1o (G.825)



Типовая характеристика передачи фазовых флуктуаций



Тракт	x, дБ	y, дБ	Частоты			
			f_1 , Гц	f_5 , Гц	f_6 , Гц	f_7 , кГц
ПЦТ	0,5	-19,5	< 20	40	400	100
ВЦТ	0,5	-19,5	< 20	100	1000	400
ТЦТ	0,5	-19,5	< 20	300	3000	800

Структурная схема измерителя фазовых флуктуаций

