

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Кафедра Комутаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КС

\_\_\_\_\_В.І. Гостєв  
(підпис, ініціали, прізвище)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2015 року

Сторчак К.П.

(прізвище та ініціали автора)

**ЛЕКЦІЯ 9**

з навчальної дисципліни

Комп'ютерні технології вимірювань в телекомунікаціях

(назва навчальної дисципліни)

**Тема 7: Визначення показників помилок основного цифрового каналу (ОЦК) і цифрових трактів (ЦТ)**

(номер і назва теми)

**Заняття: Лекція №9**

(номер і назва заняття)

**Навчальний час** – 2 години.

Для студентів інституту (факультету):

Навчально-науковий інститут  
телекомунікації та інформатизації  
факультет Інформаційних технологій,  
факультет Телекомунікацій

**Навчальна та виховна мета:** Ознайомити студентів з визначенням показників помилок основного цифрового каналу і цифрових трактів

Обговорено та схвалено на засіданні

кафедри

“28” серпня 2015 року Протокол №1

Київ – 2015

## 9.1 Загальні положення

Головним джерелом погіршення якості зв'язку є помилки, які впливають як на передавання мовної інформації, так і на передавання даних.

Норми на якісні показники функціонування мереж зв'язку за помилками відображують вимоги різних служб і забезпечують єдиний рівень якості.

Для визначення якісного стану цифрового каналу або тракту за помилками використовуються такі **показники помилок**:

- **коефіцієнт помилок по секундах з помилками (ESR)** - відношення кількості секунд з помилками до загальної кількості секунд протягом часу готовності з'єднання за визначений період вимірювання;

- **коефіцієнт помилок по секундах, які сильно уражені помилками (SESR)** - відношення кількості сильно уражених помилками секунд до загальної кількості секунд протягом часу готовності з'єднання за визначений період вимірювання;

- **коефіцієнт помилок по бітах (BER)** або **по блоках з фоновими помилками (BBER)** - відношення кількості зіпсованих символів (блоків) до загальної кількості символів (блоків), які були передані протягом часу готовності з'єднання за визначений період вимірювання. До загальної кількості блоків не входять блоки секунд, які сильно уражені помилками (SES).

В свою чергу, **секунда з помилками (ES)** - це одnoseкундний інтервал, протягом якого має місце принаймні одна помилка (для цифрових каналів) або одnoseкундний інтервал з одним або з декількома блоками з помилками (для цифрових трактів). **Блок з помилками (BE)** - це блок, в якому один або декілька біт, які належать до цього блоку, зіпсовані.

**Секунда, яка сильно уражена помилками, (SES)** - це одnoseкундний інтервал, протягом якого коефіцієнт помилок по бітах перевищує або дорівнює  $10^{-3}$  (для цифрових каналів), або одnoseкундний інтервал, в якому кількість зіпсованих помилками блоків з фоновими помилками перевищує 30% або має принаймні один період з серйозними порушеннями (для цифрових трактів). **Блок з фоновими помилками (BBE)** - це блок з помилками, який не входить до складу SES.

Для оцінки **експлуатаційних** характеристик повинні використовуватися результати вимірювань тільки в періоди готовності каналу або тракту, інтервали неготовності з аналізу вилучаються. Критерії визначення станів готовності та неготовності з'єднання наведені у Додатку А.

**Показники помилок цифрових каналів і трактів** - це статистичні параметри, і норми на них визначаються з відповідною імовірністю їх виконання. По показниках помилок використовуються такі види експлуатаційних норм:

- довгострокові норми;
- короткочасні (оперативні) норми.

**Довгострокові норми** визначені на підставі еталонних норм на показники помилок для міжнародного з'єднання максимальної протяжності **27500 км**, які наведені в Рекомендаціях МСЕ-Е G.821 для цифрових каналів **64 кбіт/с** та в G.826 - для цифрових трактів зі швидкістю передавання сигналів від **2048 кбіт/с** і вище.

Довгострокові норми можна перевірити в експлуатаційних умовах під час проведення безперервних тривалих вимірювань - порядку одного місяця. Ці норми використовуються при перевірці показників якості цифрових каналів і трактів нових систем передавання або нового цифрового обладнання, яке впливає на ці показники.

**Оперативні норми** розроблені на підставі Рекомендацій МСЕ-Е M.2 100, M.2 101, M.2 110, M.2 120 і потребують для такої оцінки відносно недовгих періодів вимірювання. Серед оперативних норм визнають такі:

- норми для введення в експлуатацію;
- норми технічного обслуговування;
- норми відновлення систем після ремонту.

Норми для введення в експлуатацію використовуються тоді, коли канали та тракти вже пройшли випробування на відповідність довгостроковим нормам. Норми технічного обслуговування використовуються при контролі протягом експлуатації трактів і для визначення необхідності виведення з експлуатації при виході контролюємих параметрів за припустимі межі. Норми відновлення систем використовуються при здаванні тракту до експлуатації після ремонту обладнання.

Норми на показники якості цифрових каналів і трактів визначені у відповідності з правилами пропорційного розподілу норм між складовими частинами номінальної первинної мережі, тобто для магістральної, внутрішньозонової та місцевої мереж. Запропонований такий розподіл загальних норм між ділянками первинної мережі:

- на магістральну мережу довжиною 1800 км відводиться 2,9% від загальної норми для міжнародного з'єднання;
- на внутрішньозонову мережу довжиною 250 км з кожної сторони відводиться 7,5% від загальної норми для міжнародного з'єднання;
- на місцеву мережу довжиною 100 км з кожної сторони відводиться 7,5% від загальної норми для міжнародного з'єднання;
- на абонентську лінію з кожного боку відводиться 15% від загальної норми.

## **9.2 Довгострокові норми на показники помилок**

В **ОЦК** при тривалих випробуваннях нормуються характеристики помилок за секундні інтервали часу за такими показниками:

- **коефіцієнт помилок по секундах з помилками (ESR<sub>к</sub>)**;
- **коефіцієнт помилок по секундах, які сильно уражені помилками (SESR<sub>к</sub>)**.

Для оцінки відповідності довгостроковим нормам вимірювання показників помилок в ОЦК виконуються з перервою зв'язку при використанні псевдовипадкової цифрової послідовності.

У цифрових трактах (ЦТ) при довгострокових вимірюваннях нормуються характеристики помилок по блоках для трьох показників:

- *коефіцієнт помилок по секундах з помилками (ESRm);*
- *коефіцієнт помилок по секундах, які сильно уражені помилками (SESRm);*
- *коефіцієнт помилок по блоках з фоновими помилками (BBERm).*

Припускається, що при виконанні норм у ЦТ на показники помилок по блоках буде забезпечене виконання довгострокових норм в ОЦК, які утворені в цих ЦТ, по показниках помилок за одnoseкундні інтервали часу.

Для оцінки відповідності довгостроковим нормам вимірювання показників помилок у ЦТ може проводитися як з перервою зв'язку при використанні псевдовипадкової цифрової послідовності, так і без перерви зв'язку під час експлуатаційного контролю.

***Цифровий канал вважається відповідним нормам при одночасному додержанні вимог до кожного з двох показників помилок - ESRk і SESRk. Цифровий тракт вважається відповідним нормам при одночасному додержанні вимог до кожного з трьох показників помилок - ESRm, SESRm, BBERm.***

Довгострокові норми визначаються за допомогою загальних розрахункових (еталонних) норм на показники помилок для міжнародного з'єднання максимальної протяжності 27500 км, які наведені в таблиці 9.1 у графі А для відповідного показника помилок і відповідного цифрового каналу або тракту.

Частка розрахункових експлуатаційних норм на показники помилок для тракту (каналу) довжиною L км для магістральної та внутрішньозонових первинних мереж України для визначення довгострокових норм наведена в таблиці 9.2. Під час розрахунку приймається до уваги розподіл норм між складовими частинами номінальної первинної мережі України.

Канал (тракт)	Швидкість передавання, Мбіт/с	А			В	
		Довгострокові норми			Оперативні норми	
		ESR	SESR	BBER	ESR	SESR
ОЦК	0,064	0,08	0,001	-	0,04	0,001
ЦМТ	від 1,5 до 5,0	0,04	0,001	$2 \times 10^{-4*})$	0,02	0,001
	від 5,0 до 15	0,05	0,001	$2 \times 10^{-4}$	0,025	0,001
	від 15 до 55	0,075	0,001	$2 \times 10^{-4}$	0,0375	0,001
	від 55 до 160	0,016	0,001	$2 \times 10^{-4}$	0,08	0,001
	від 160 до 601	***)	0,001	$1 \times 10^{-4***})$	-	-

\*) Для систем передавання, які розроблені до 1996 року, показник BBER має значення  $3 \times 10^{-4}$

\*\*) Для трактів зі швидкостями передавання більше 160 Мбіт/с норми на ESR не встановлюються. Але при наявності відповідних приладів слід проводити оцінку ESR з метою технічної експлуатації та контролю

\*\*\*)) Наведена норма на показник BBER розповсюджується на тракти, в яких використовуються блоки сигналів з розмірами до 20 000 біт. Для тракту VC-16 (STM-16), який використовує блоки розміром приблизно по 80 000 біт, норма на показники BBER дорівнює  $4 \times 10^{-4}$

**Примітка 1.** Наведені дані для довгострокових норм відповідають Рекомендаціям МСЕ-Е G.821 (для каналу 64 кбіт/с) і G.826 (для трактів зі швидкостями передавання від 2 048 кбіт/с і вище), для оперативних норм - Рекомендаціям МСЕ-Е M.2 100 і M.2 101

**Примітка 2.** До наведеного значення довгострокової норми для показника SESR при включенні до тракту або каналу магістральної ділянки з радіорелейною системою передавання протяжністю до 2 500 км додається значення 0,0005, однієї ділянки з супутниковою системою передавання - значення 0,0001. Ці значення ураховують несприятливі умови розповсюдження сигналу (для найгіршого місяця). До оперативних норм такий додаток не додається у зв'язку з коротким періодом вимірювання

**Примітка 3.** Для цифрових мережних трактів зі швидкостями передавання сигналів більше 601 Мбіт/с довгострокові норми на показники помилок підлягають вивченню (ЛВ).

Таблиця 9.2 - Частка експлуатаційних норм на показники помилок тракту (каналу) довжиною  $L$  км для магістральної та внутрішньозонових первинних мереж України при визначенні довгострокових норм

Магістральна первинна мережа		Внутрішньозонова первинна мережа	
Довжина менше або дорівнює, км	$C_1$	Довжина менше або дорівнює, км	$C_2$
250	0,004	50	0,015
500	0,008	100	0,03
750	0,012	150	0,045
1000	0,016	200	0,06
1250	0,02	250	0,075
1500	0,024		
1750	0,028		
1800	0,029		

### 9.3 Порядок розрахунку довгострокової норми

**Порядок розрахунку** довгострокової норми на будь-який показник помилок для простого тракту (каналу) довжиною  $L$  км такий:

- по таблиці 9.1 для відповідного каналу або тракту і відповідного показника помилок знаходиться значення  $A$ ;
- значення  $L$  округлюється з точністю до 250 км для магістральної мережі та з точністю до 50 км для внутрішньозонової мережі і визначається значення  $L'$ ;
- для значення  $L'$  по таблиці 9.2 визначається припустима частка розрахункових норм  $C_1$  і  $C_2$ ;
- довгострокова норма на показники помилок ESR, SESR та BBER визначається як добуток відповідних значень  $A$  і  $C$ :

$$ESR_{\text{д}} = A \times C, \quad (9.1)$$

$$SESR_{\text{д}} = A \times C, \quad (9.2)$$

$$BBER_{\text{д}} = A \times C. \quad (9.3)$$

Якщо до складу каналу або тракту входять декілька транзитних ділянок (транзит по ОЦК або ЦТ будь-якого порядку), кожна з цих ділянок транзиту повинна відповідати нормам для довжин ділянок  $L'_i$ , які округлені, а увесь складовий канал або тракт повинен відповідати нормам для довжини, яка дорівнюється сумі неокруглених довжин ділянок:

$$L = \sum_{i=1}^n L_i, \quad (9.4)$$

де  $n$  - кількість ділянок транзиту.

Далі значення  $L$  округляються та визначаються значення  $C$  і норма для відповідного показника.

Якщо канал або тракт проходить як по магістральній, так і по внутрішньозонових мережах, значення  $C$  для цього каналу або тракту визначається як сума значень  $C_1$ ,  $C_2$  і  $C_3$ :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad , \quad (9.5)$$

а далі визначається норма для відповідного параметра.

Якщо канал або тракт міжнародні, довгострокові норми для них визначаються у відповідності з Рекомендаціями МСЕ-Е G.821 (для каналу 64кбіт/с) і G.826 (для цифрових трактів зі швидкостями передавання сигналів від 2048 кбіт/с і вище). Для оцінки відповідності нормам Рекомендацій МСЕ-Е G.821 та G.826 частини міжнародного каналу або тракту, яка проходить по території нашої країни, можна використовувати методику визначення норм, яка викладена вище. Частина каналу або тракту, яка проходить по території України до міжнародної станції (міжнародний центр комутації), повинна задовольняти запропонованим нормам.

## Додаток А (довідковий)

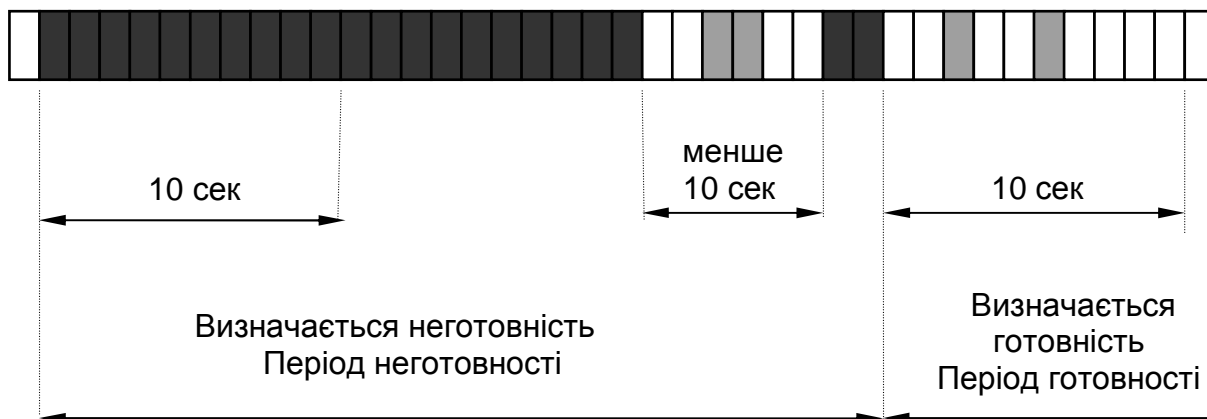
### Критерії визначення стану готовності і неготовності

Період часу неготовності (несправності) цифрового з'єднання починається з десяти послідовних подій SES. Ці десять секунд раховуються як частина часу неготовності.

Новий період готовності (справності) цифрового з'єднання починається з появи десяти послідовних подій без SES. Ці десять секунд рахуються як частина часу готовності.

Критерій визначення стану неготовності тракту такий: тракт знаходиться у стані неготовності, якщо один або обидва напрямки передавання знаходяться у стані неготовності. Для того, щоб визначити стан неготовності необхідно підрахувати SES і визначити стан неготовності, незалежно для кожного напрямку двонаправленого тракту. Якщо тільки один напрямок знаходиться у стані неготовності, то рахунок показників помилок, який виконується в протилежному напрямку передавання, не потрібно використовувати для визначення стану функціонування двонаправленого тракту.

На рисунку А1 наведений приклад визначення стану неготовності.



■ - секунда , яка уражена помилками (SES)

■ - секунда з помилками (не SES);

□ - секунда без помилок.

Рисунок А1 - Приклад визначення стану неготовності