

*Сергій Володимирович Волошко* (канд. техн. наук, с.н.с.)  
*Лариса Миколаївна Дегтярьова* (канд. техн. наук, доцент)  
*Валерій Микитович Курчанов* (канд. техн. наук, доцент)  
*Владислав Миколайович Семенов*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрій Кондратюка,  
Полтава, Україна*

## КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ЦИФРОВИХ КАНАЛІВ ТА ТРАКТІВ НА МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ

*Контроль параметрів цифрових каналів та трактів – необхідна умова надання якісних телекомунікаційних послуг на мережах зв'язку України. У даний час існує безліч методик контролю параметрів цифрових каналів та трактів на мережах зв'язку, які включають методики вимірювань, аналізу і тестування з метою встановлення відповідності контрольованого параметра нормі.*

*У статті описується метод оптимального визначення помилок в цифровому тракті систем зв'язку, які працюють на швидкості 2048 кбіт/с, що відповідає цифровому потоку первинного рівня (E1) європейського стандарту плезіохронної цифрової ієрархії (Plesiochronous digital hierarchy, PDH). Цифровий потік E1 – основна складова частина сучасних цифрових ієрархій PDH та SDH. Якість цифрових каналів та трактів суттєво залежить від цієї важливої складової частини. Наведені основні визначення і терміни, розглянута методика визначення основних параметрів цифрових каналів і трактів, наведені приклади їх розрахунку.*

**Ключові слова:** цифровий канал; цифровий тракт; коефіцієнт помилок.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Один з найважливіших аспектів в роботі будь-якої цифрової системи є достовірність передачі інформації. Для забезпечення цього сучасна цифрова система зв'язку повинна мати елементи мережевого управління, за допомогою яких розв'язуються такі задачі, як реконфігурація мережі, безперервний моніторинг параметрів системи зв'язку, фіксація аварійних станів [1]. Стрімкий розвиток і застосування цифрових систем передачі вимагає розробки методів контролю та вимірювання їх параметрів. В результаті, постає задача застосування найбільш оптимальних методів та інструментів аналізу цифрового тракту на наявність помилок при передачі даних, тобто без відключення каналу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На глобальних телекомунікаційних мережах норми на цифрові канали та тракти визначаються Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ). Існують рекомендації МСЕ-Е: G-703, G-704, G-742, G-751, G-754, G-783, G-810, G-821, G-826, M-2100, M-2110, M-2120. Ці рекомендації потребують адаптації до телекомунікаційних мереж України.

Лінії зв'язку України потребують відновлення і на період реконструкції необхідні перехідні норми на цифрові канали та тракти. Корегування норм здійснюється з використанням коефіцієнтів. Коефіцієнти потребують наукового обґрунтування. Існують відомчі норми і рекомендації Державного комітету зв'язку

України. На мережах зв'язку України доцільне використання норм, встановлених наказом Державного комітету зв'язку України №76 від 06.05.98 року КНД 45-074-97 для ЄНСЗУ.

Серед оперативних норм визнають такі: норми для введення в експлуатацію, норми технічного обслуговування, норми відновлення після ремонту.

Норми для введення в експлуатацію використовуються тоді, коли канали та тракти вже пройшли випробування на відповідність довгостроковим нормам.

Норми технічного обслуговування використовуються в процесі контролю протягом експлуатації трактів і для визначення необхідності виведення з експлуатації при виході контрольованих параметрів за припустимі межі.

Норми відновлення систем використовуються при підготовці тракту до експлуатації після ремонту обладнання.

Оперативні норми на показники помилок дозволяють проводити нормування характеристик помилок основного цифрового каналу (ОЦК) і цифрового тракту (ЦТ) за секундні інтервали часу при короткочасних вимірюваннях, при цьому забезпечується виконання довгострокових норм. Оперативні норми визначаються для двох показників помилок:

- коефіцієнт помилок за секундами з помилками (ESR);
- коефіцієнт помилок за секундами, які значно вражені помилками (SESR).

Для оцінювання відповідності оперативним

нормам вимірювання показників помилок у ЦТ можна проводити як без переривання зв'язку за допомогою системи експлуатаційного контролю, так і з перериванням зв'язку з використанням засобів вимірювання.

Вимірювання показників помилок в ОЦК для оцінювання відповідності оперативним нормам виконуються з перериванням зв'язку. ОЦК або ЦТ відповідають оперативним нормам при одночасному додержанні вимог до кожного з показників помилок: ESR, SESR.

**Мета статті.** Необхідність цієї статті полягає в аналізі методів контролю та оцінки якості цифрового тракту з метою визначення найбільш оптимальних методів та інструментів аналізу цифрового тракту на наявність помилок при передачі даних, тобто без відключення каналу.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Для визначення якісного стану цифрового каналу або тракту використовують наступні основні показники помилок:

– ES (Error Seconds) – односекундний інтервал, протягом якого має місце принаймні одна помилка (для цифрових каналів) або односекундний інтервал з одним або декількома блоками з помилками (для цифрових трактів).

– ESR (Error Seconds Rate) – коефіцієнт помилок по секундах з помилками – відношення кількості секунд з помилками ES до загальної кількості секунд протягом часу готовності з'єднання за визначений період вимірювання:

$$ESR = N_{ES} / N_S.$$

– SES (Several Error Seconds) – односекундний інтервал, протягом якого коефіцієнт помилок по бітах (BER) перевищує або дорівнює  $10^{-3}$  (для

цифрових каналів), або односекундний інтервал, в якому кількість зіпсованих помилками блоків з фоновими помилками перевищує 30% або має принаймні один період з серйозними порушеннями (для цифрових трактів).

– SESR (Several Error Seconds Rate) – коефіцієнт помилок по секундах, які дуже уражені помилками – відношення кількості дуже уражених помилками секунд SES до загальної кількості секунд протягом часу готовності з'єднання за визначений період вимірювання:

$$SESR = N_{SES} / N_S.$$

– BER (Bit Error Rate) – коефіцієнт помилок по бітах, рівний відношенню кількості бітових помилок, передані за час проведення тесту по каналу, що знаходиться в стані готовності.

– BBER (Background Block Error Rate) – коефіцієнт помилок по блоках з фоновими помилками – відношення кількості блоків з фоновими помилками до кількості блоків протягом часу готовності каналу за винятком всіх блоків в SES. До загальної кількості блоків не входять блоки секунд, які значно уражені помилками:  $BBER = N_{BBE} / N_B.$

Показники помилок підраховуються тільки тоді, коли тракт знаходиться в стані готовності. В [8] визначено, що стан готовності закінчується на початку періоду часу, що містить, принаймні, десять послідовних секунд, що уражені помилками в одному напрямку передачі. Тракт знову стане знаходитись в стані готовності на початку періоду часу, що містить, принаймні, десять послідовних секунд, які не є секундами, ураженими помилками. Приклад визначення стану готовності наведений на рис. 1.

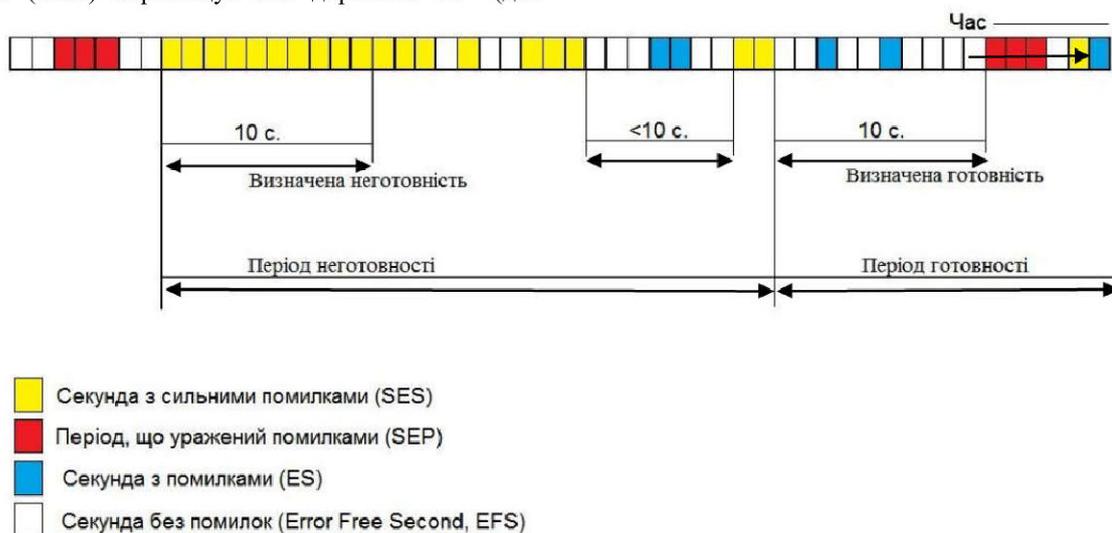


Рис. 1. Визначення стану готовності тракту

Для оцінки експлуатаційних характеристик повинні використовуватися результати вимірювань тільки в періоди готовності каналу або тракту. Порядок оцінки наступний:

1. Визначається середнє значення оперативної норми:

$$R_0 = B_x D_x K_x,$$

де  $B$  – значення оперативної норми для еталонної міжнародної ділянки довжиною 27500 км. (наведено в табл. 1);

$D$  – частка оперативних експлуатаційних норм, які враховують фактичну довжину та вид

первинної мережі;

$K$  – граничне значення коефіцієнта контролю якості, яке визначається тільки КНД 45-074-97 (наведено в табл. 1).

Таблиця 1.

Граничні значення коефіцієнта контролю якості

Системи передавання	$K$	Цифрові тракти ділянки	$K$
Введення в експлуатацію		0,1	0,5
Виведення після ремонту	0,125	Виведення після ремонту	0,5
Виведення зі зниженою якістю	0,5	Виведення зі зниженою якістю	0,75
Еталонне значення	1,0	Еталонне значення	1,0

2. Визначаються граничні значення показників помилок  $S_1$  та  $S_2$  на протязі вибраного часу  $T$  сек:

$$S_1 = R_0 - 2\sqrt{\frac{R_0}{T}};$$

$$S_2 = R_0 + 2\sqrt{\frac{R_0}{T}}.$$

3. Порівнюється виміряне значення параметрів  $S \rightarrow S$  (ESR) та  $S \rightarrow S$  (SESR) з пороговими значеннями  $S_1$  та  $S_2$ .

Якщо  $S < S_1$ , то введення в експлуатацію ОЦК (ЦК) дозволяється.

Якщо  $S > S_2$ , то ЦК (ЦТ), який контролюється, до експлуатації не придатний.

Якщо  $S_1 \leq S \leq S_2$ , то для оцінки можливості введення ЦК (ЦТ) в експлуатацію необхідно продовжити вимірювання, збільшивши час вимірювань.

При введенні в експлуатацію цифрового тракту або ОЦК вимірювання показників помилок виконуються у два етапи.

На першому етапі вимірювання виконуються за допомогою псевдовипадкової цифрової послідовності протягом 15 хв. Якщо під час таких вимірювань відбувається принаймні одна подія ES або SES, то вимірювання повторюються до двох разів.

Якщо протягом третього випробування спостерігається будь-яка з цих подій, необхідно перейти до локалізації пошкодження.

Після вдалого виконання першого етапу виконується випробування протягом однієї доби. Ці випробування можливо проводити як без переривання зв'язку за допомогою засобів експлуатації контролю, так і з перериванням

зв'язку з використанням псевдовипадкової цифрової послідовності.

Після цього розраховуються оперативні норми на показники помилок та їх порогові значення  $S_1$  та  $S_2$  для тривалості випробування 24 години і порівнюються з відповідними значеннями, які одержані під час вимірювань.

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 первинних 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 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 для міжнародного з'єднання.

### Висновки і перспективи подальших досліджень

Проаналізувавши методи контролю та оцінки якості цифрового тракту, можна сказати, що метод вимірювання помилок в цифрових системах зв'язку з відключенням каналу дозволяє отримати істинне значення BER з точністю до одиначної бітової помилки шляхом порівняння прийнятої послідовності з відомою генерованою тестовою послідовністю. Однак результати такого методу не відповідають реальній роботі системи, і його можливо використовувати тільки при настроюванні, перед введенням обладнання в експлуатацію та виведенні з експлуатації.

Методи вимірювання показників помилок без відключення каналу більш складні в реалізації, проте дозволяють отримати реальні показники працездатності каналу, коли немає можливості вимкнути передачу даних для визначення значення помилок.

Проте, для вимірювання значення BER без переривання сеансу зв'язку, необхідно точно знати структуру цифрового сигналу.

### Література

1. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM); (2-е издание, исправленное) / Н.Н. Слепов – М.: Радио и связь, 2000. – 421 с. 2. КНД 45-074-97. Системи передавання цифрові. Норми на параметри основного цифрового каналу і цифрових трактів первинної мережі зв'язку України / Наказ Державного комітету зв'язку України №76 від 06.05.98 р. 3. Канаков В.А. Новые технологии измерения в цифровых каналах передачи информации / В.А. Канаков

– Н. Новгород, 2006. – 91 с. 4. ITU-T G.821 – Error performance of an international digital connection operating at a bit rate below the primary rate and forming part of an integrated services digital network. 5. ITU-T G.826 – Error performance parameters and objectives for international constant bit rate digital paths at or above the primary rate. 6. ITU-T G.828 – Error performance parameters and objectives for international, constant bit – rate synchronous digital paths. 7. ITU-T G.829 – Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections. 8. Бакланов И.Г.

## КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЦЫФРОВЫХ КАНАЛОВ И ТРАКТОВ НА СЕТЯХ СВЯЗИ УКРАИНЫ

*Лариса Николаевна Дегтярева (канд. техн. наук, доцент)*

*Сергей Владимирович Волошко (канд. техн. наук, с.н.с.)*

*Владимир Григорьевич Ляшевский*

*Владислав Николаевич Семенов*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина*

*Контроль параметров цифровых каналов и трактов – необходимое условие предоставления качественных телекоммуникационных услуг на сетях связи Украины. В настоящее время существует множество методик контроля параметров цифровых каналов и трактов на сетях связи, включающие методики измерений, анализа и тестирования с целью установления соответствия контролируемого параметра норме.*

*В статье описывается метод оптимального определения ошибок в цифровом тракте систем связи, работающего на скорости 2048 кбит/с, что соответствует цифровому потоку первичного уровня (E1) европейского стандарта плездохронной цифровой иерархии (Plesiochronous digital hierarchy, PDH). Цифровой поток E1 – основная составная часть современных цифровых иерархий PDH и SDH. Качество цифровых каналов и трактов существенно зависит от этой важной составной части. Приведены основные определения и термины, рассмотрена методика определения основных параметров цифровых каналов и трактов, приведены примеры их расчета.*

**Ключевые слова:** цифровой канал; цифровой тракт; коэффициент ошибок.

## CONTROL OF PARAMETERS OF DIGITAL CHANNELS AND TRACTS ON COMMUNICATION NETWORKS OF UKRAINE

*Larysa M. Degtyareva (Candidate of Technical Sciences, Docent)*

*Serhiy V. Voloshko (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow)*

*Volodymyr G. Lyashevsky*

*Vladyslav M. Semenov*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine*

*Control parameters of digital channels and paths – a necessary condition for the provision of quality telecommunications services on the networks of Ukraine. Currently, there are many methods of control parameters of digital channels and channels for communication networks that include methods of measurement, analysis and testing to match the controlled parameter norm.*

*This article describes how to determine the optimal path errors in digital communication systems that operate at a speed of 2048 kbit/s digital stream corresponding to the primary level (E1) European standard Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH). E1 digital stream – the main component of modern digital hierarchy PDH and SDH. The quality of digital channels and paths depends substantially on this important part. The basic definitions and terms considered a method of determining the basic parameters of digital channels and paths, are examples of calculation.*

**Keywords:** digital channel; digital path; error rate.

### References

**1. Slepov N.N.** Sovremennue tehnologii tsufrovukh optovolokoonukh setei svyazi (ATM, PDH, SDH, SONET i WDM), (2-e izdanie, ispravlenoe). M.: Radio i svyaz, 2000, 421 p. **2. KND 45-074-97.** Systemy peredavannja cyfrovi. Normy na parametry osnovnogo cyfrovogo kanalu i cyfrovyh traktiv pervynnoi' merezhi zv'jazku Ukrai'ny / Nakaz Derzhavnogo komitetu zv'jazku Ukrai'ny №76 vid 06.05.98 r. **3. Kanakov V.A.** Novie tekhnologii izmereniia v tsufrovuh kanalakh peredachi informatsii. N. Novgorod, 2006, 91 p. **4. ITU-T G.821** – Error performance of an international digital connection operating at a bit rate below

the primary rate and forming part of an integrated services digital network. **5. ITU-T G.826** – Error performance parameters and objectives for international constant bit rate digital paths at or above the primary rate. **6. ITU-T G.828** – Error performance parameters and objectives for international, constant bit – rate synchronous digital paths. **7. ITU-T G.829** – Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections. **8. Baklanov I.G.** Tekhnologija izmerenii v sovremennukh telekomunikatsiakh. – M.: Izdatelstvo «Eko – Trendz», 1997 g., 139 s. **9. Baklanov I.G.** Testirovanie i diagnostika system svyazi. M.: – «Eko – Trendz», 2001, 261 p.