

*Експериментально підтверджено відповідність каналів міської телефонної мережі (МТМ) моделі Гільберта з двома станами. Запропоновані нові методи передачі, що забезпечують необхідну якість передачі та передачу більшого обсягу інформації в заданому часовому проміжку. В роботі приведені результати статистичних вимірювань на вказаних каналах та розраховані ймовірнісні характеристики систем при використанні ТСК для передачі інформації по каналам МТМ*

*Ключеві слова: модель Гільберта, таймерні сигнальні конструкції, розрядно-цифрові коди, система передачі, значущий момент модуляції*

*Экспериментально подтверждено соответствие каналов городской телефонной сети (ГТС) модели Гильберта с двумя состояниями. Предложены новые методы передачи, обеспечивающие необходимое качество передачи и передачу большего объема информации в заданном временном промежутке. В работе приведены результаты статистических измерений на указанных каналах и рассчитаны вероятностные характеристики систем при использовании ТСК для передачи информации по каналам ГТС*

*Ключевые слова: модель Гильберта, таймерные сигнальные конструкции, разрядно-цифровые коды, система передачи, значащий момент модуляции*

# ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТАЙМЕРНИХ СИГНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В КАНАЛАХ МІСЬКОЇ ТЕЛЕФОННОЇ МЕРЕЖІ

**О. М. Рябуха**

Викладач

Кафедра інформаційної  
безпеки та передачі даних

Одеська національна  
академія зв'язку ім. А. С. Попова

вул. Ковальська, 1, м. Одеса, Україна, 65029

E-mail: ryabukha@gmail.com

## 1. Вступ

Створена теорія систем передачі дискретної інформації дозволяє розраховувати достовірність і ефективність, що забезпечується СПД, порівнювати різні варіанти побудови, коди, алгоритми обробки і т. д. Разом з тим, слід зазначити, що використовувані алгоритми передачі, як і архітектура ЕОМ, що базується на довічних кодах і Фон-Неймановську теорію побудови мають межі, які в більшості випадків вже реалізовані. Наприклад, для двійкових сигналів з кусково-стаціонарними моделями середня ймовірність прийому  $n$ -елементної кодової конструкції визначається виключно ймовірністю помилкового прийому елемента в «поганому» стані каналу і відносним часом його існування. Реальна статистика помилок в каналах така, що, незважаючи на значне зниження питомої швидкості передачі інформації за рахунок великої надмірності коригувальних кодів, збільшення достовірності незначно. Крім того, в ті відрізки часу, коли в каналі діє тільки гаусова перешкода (інтервали «хорошого» стану, складають не менш 98 % часу роботи). Така надмірність невиправдана.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Проблема забезпечення достовірності передачі інформації по каналах зв'язку [1, 2] зумовлена

не відповідністю між вимогами, що висувуються до систем передачі та реальних каналів зв'язку. Розв'язання задачі оптимізації систем передавання даних лише на основі моделі джерела помилок веде до збільшення надлишковості кодів [3], відповідно ростуть втрати в швидкості передавання. А із збільшенням довжини блока ускладнюється реалізація кодуєчих і декодуєчих пристроїв [4]. Ключове місце в теорії інформації займають принципи, сформовані К. Шенноном у 50-х роках ХХ ст. для каналів з незалежним розподілом помилок, за якими досягнення необхідних характеристик передавання інформації, представленої у вигляді розрядно-цифрового коду (РЦК), можливе за рахунок збільшення довжини кодового слова, а втрати при кодуванні незначні вже за тривалості кодових слів не менш як 500 елементів.

Відомо, що для синтезу сигнальних конструкцій з можливостями виявлення та виправлення помилок до інформаційних  $m$  – елементів додаються  $k$  додаткових (перевірочних елементів), що забезпечують кодову відстань [4]. Для забезпечення в таких конструкціях кодової відстані  $d_3$  згідно межі Варшаво-Гільберта число додаткових елементів  $k$  повинно задовольняти умові:

$$k \geq \log_2 \left( 1 + \frac{d_3 - 1}{\sum_{i=1}^m C_n^i} \right), \quad (1)$$

В табл. 1 приведено число додаткових елементів при заданих  $d_3$  і число інформаційних елементів простого кода  $m$ .

Таблиця 1

Залежність кількості коригуючих елементів від значення інформаційних  $m$  і кодової відстані

$d_3$	$m$						
	8	16	24	32	40	48	56
7	16	19	21	22	23	24	25
9	21	25	27	29	31	32	33
11	26	31	34	36	38	39	41

Аналізуючи табл. 1 виходить, що коригуючий код з кратністю виправлення трьох помилок, при довжині інформаційних елементів у один байт, повинен мати у два рази більше перевірочних символів. Із збільшенням кількості інформаційних елементів в декілька раз кількість перевірочних збільшується не суттєво при той же кратності виправлення помилок. А для декодування 24 елементного кодового слова з виправленням трьохкратної помилки, де 8 елементів інформаційні, а 16 перевірочні, потрібно послідовно перебрати

$$C_{24}^3 = \frac{24!}{3!(24-3)!} = 2024 \text{ синдромів трьохкратної помилки, двократної 276 синдрому, та однократної помилки 24 синдрому.}$$

Пам'ятаючи, що швидкість передачі інформації визначається відношенням

$$R = \frac{m}{m+k} \tag{2}$$

видно, що швидкість  $R \rightarrow 1$  при числі  $m > 100$ . Але при таких значеннях  $(m+k)$  виникає проблема виправлення помилки заданої кратності синдромним методом.

Так як більшість реальних каналів зв'язку на міських телефонних мережах носять нестационарний характер [5], а сучасні розрядно-цифрові коди наближаються до теоретичної межі лише з довжиною кодового слова  $10^5 - 10^8$  елементів то, для приймання блока коду з тривалістю в  $10^6$  елементів за швидкості в 1 Мбіт/с потрібна 1 с, а для декодування синдромним методом за достійкого коду (100, 50), процесором з тактовою частотою 2,2 ГГц в загальному випадку потрібно принаймні 1,5 с. Це підвищує ризик затримки та неточності у прийнятті важливих рішень, що, наприклад, при керуванні об'єктами підвищеної важливості є неприпустимим.

### 3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є оцінка ефективності використання таймерних сигнальних конструкцій в міських телефонних мережах.

Завданнями, вирішення яких може вважатися необхідним для досягнення поставленої мети, були обрані:

1) дослідження ефективність використання таймерних сигнальних конструкцій при передаванні двійковим симетричним каналом;

2) порівняльний аналіз ефективності використання в системах передачі розрядно-цифрових кодів і таймерних сигнальних конструкцій.

### 4. Параметри каналів моделі Гільберта

Незважаючи на те, що найпростіша модель з біноміальним розподілом задається лише одним параметром  $p_3$ , але дає грубе наближення до реальних каналів зв'язку, в цій роботі не розглядається.

Дослідження потоку помилок в реальних каналах показали, що помилки в каналах групуються. У загальному випадку для каналу з пам'яттю можна ввести поняття «стан каналу». Тоді кожен символ послідовності на виході каналу буде статистично залежати як від відповідного символу на вході, так і від стану каналу в даний момент. Під станом каналу в заданий момент можна розуміти, наприклад, вигляд послідовності вхідних та вихідних символів аж до заданого моменту.

Стан каналів можна розрізнити по ймовірності помилок в кожному з станів. Таким чином, канал має кінцеву кількість станів, для яких перехідні ймовірності не залежать від часу. Помилки в кожному стані виникають незалежно, з постійною ймовірністю. Послідовність станів описується ланцюгом Маркова. Модель Гільберта для потоку помилок з двома станами, описує потік помилок в каналі простим однорідним ланцюгом Маркова з двома станами [6]. В одному стані – «доброму» – перевищення сигналу по відношенню до перешкод  $h_c^2$  більше порогового значення  $h_{cn}^2$  і ймовірність спотворення символів  $p_{01}$  значно менше середнього значення  $p_0$ . В іншому стані каналу – «поганому» – величина  $h_{cn}^2 < h_c^2$ , і ймовірність спотворень символів  $p_{02} \gg p_0$ . При цьому помилки всередині пакетів і самі пакети передбачаються некорельованими.

В кінцевому рахунку ймовірність помилки залежить від величини перевищення сигналу над шумами  $h_c^2$  (передбачається, що в каналі зв'язку діють адитивні гауссови шуми). Завмирання викликають зміни  $h_c^2$ , тому при визначенні залежності  $p_0(h_c^2)$  необхідно перейти від функції  $w(U_c)$  до функції  $w(h_c^2)$ . Згідно з теоремою про перетворення розподілу ймовірностей маємо

$$w(h_c^2) = w[f(h_c^2)] \frac{df(h_c^2)}{dh_c^2}, \tag{3}$$

де функція  $f(h^2) = U_m^2 = 2h_c^2\sigma^2$ .

Ця модель характеризується наступними параметрами:

$p_n$  – ймовірність появи пакета помилок (ймовірність переходу каналу з «хорошого» стану в «погане»;

ймовірність утворення пакета помилок довжиною  $l_n$  в «поганому» стані каналу  $p(l_n)$ ;

$p_{31}$  – ймовірність спотворення символів в «хорошому» стані каналу (при відсутності пакета помилок);

$p_{32}$  – ймовірність спотворення символів в «поганому» стані каналу (всередині пакета помилок).

Нехай в пакеті зосереджено  $\alpha_0 (0 \leq \alpha_0 \leq 1)$  всіх помилок. Тоді

$$\int_0^{h_{cn}^2} f(h_c^2) w(h_c^2) dh_c^2 = \alpha_0 \int_0^{\infty} f(h_c^2) w(h_c^2) dh_c^2 = \alpha_0 p_3. \tag{4}$$

Так як ймовірності

$$P_{\text{э1}} = \frac{\int_{h_{\text{сн}}^2}^{\infty} f(h_c^2)w(h_c^2)dh_c^2}{\int_{h_{\text{сн}}^2}^{\infty} w(h_c^2)dh_c^2}; P_{\text{э2}} = \frac{\int_0^{h_{\text{сн}}^2} f(h_c^2)w(h_c^2)dh_c^2}{\int_0^{h_{\text{сн}}^2} w(h_c^2)dh_c^2},$$

то при заданому значенні отримаємо

$$P_{\text{э1}} = \frac{1 - \alpha_0}{1 - \phi_1} P_{\text{э}}; P_{\text{э2}} = \frac{\alpha_0 P_{\text{э}}}{\phi_1}, \quad (5)$$

де функція

$$\phi_1 = \int_0^{h_{\text{сн}}^2} w(h_c^2)dh_c^2.$$

Ймовірність появи пакета помилок з урахуванням кількості викидів  $N_{\text{в}}$  визначається вираженням

$$p_{\text{п}} = \nu_0 T_{\text{с}} e^{-N_{\text{в}} T_{\text{с}}}. \quad (6)$$

Якщо  $t_{\text{п}}$  – тривалість викиду обвідної функції  $h_c^2(t)$ , то ймовірність

$$p(l_{\text{п}}) = \int_{(l_{\text{п}} - 0,5)T_{\text{с}}}^{(l_{\text{п}} + 0,5)T_{\text{с}}} w(t_{\text{п}})dt_{\text{п}}. \quad (7)$$

При завмираннях, за законом Релея, щільність ймовірності

$$w(h_c^2) = \frac{2\sqrt{h_c^2}}{h_{\text{сн}}^2} e^{-\frac{h_c^2}{h_{\text{сн}}^2}}, \quad (8)$$

де  $h_{\text{сн}}^2$  – середнє значення  $h_c^2$ .

В цьому випадку [9] при некогерентному прийомі ортогональних сигналів ймовірності

$$P_{\text{э1}} = \frac{1}{2} e^{-h_c^2}; P_{\text{э2}} = \frac{1}{2 + h_{\text{сн}}^2}, \quad (9)$$

При  $h_{\text{сн}}^2 > 100$ , що часто виконується на практиці, ймовірності

$$P_{\text{э1}} \approx 10^{-2} P_{\text{э}}; P_{\text{э2}} \approx 0,11 P_{\text{э}} h_{\text{сн}}^2 \quad (10)$$

ймовірність

$$p(l_{\text{п}}) = \exp\left[-\frac{\pi(l_{\text{п}} - 0,5)^2}{4l_{\text{п}}^2}\right] - \exp\left[-\frac{\pi(l_{\text{п}} + 0,5)^2}{4l_{\text{п}}^2}\right], \quad (11)$$

де середня довжина пакета помилок в символах

$$l_{\text{пс}} = t_{\text{пс}} B \approx 10,6 \frac{T_{\text{с}} B}{h_{\text{сн}}^2}, \quad (12)$$

$T_{\text{с}}$  – середній період завмирань, а ймовірність

$$P_{\text{п}} = 0,99 \frac{P_0}{P_{\text{э2}} l_{\text{пс}}} = \frac{9}{h_{\text{сн}}^2 l_{\text{пс}}}. \quad (13)$$

Для кабельних каналів можна прийняти  $P_{\text{э2}} \approx 3 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-6}$ .

Розглянута модель задовільно відображує властивості реальних каналів, порівняно проста і в той же час дозволяє застосовувати математичний апарат теорії імпульсних потоків для аналізу групування помилок при рознесеному прийомі.

## 5. Аналіз методів кодування

З метою оцінки ефективності таймерного кодування порівняємо результати передавання інформації для двох методів кодування:

а) розрядно-цифровий з реєстрацією в середині послілки (РЦК);

б) використання таймерних сигналів (ТСК).

В табл. 2 наведені число змін ( $\gamma$ ) сигналу на виході двійкового каналу міської комутованої мережі при постійному передаванні однієї двійкової цифри та ймовірнісні характеристики «поганого» стану: середня довжина завади (пропадання сигналу)  $\bar{l}$ , середньо-квадратичне значення завади  $\sigma_0$  та дисперсія  $D_0$ . В табл. 3 результат передавання кодових слів у режимі ТСК і РЦК при смузі  $\Delta F = 700$  Гц та швидкості  $V = 600$  Бод.

Параметри  $L_0$ ,  $\bar{l}$ ,  $D_0$  або  $\sigma_0$  визначають імовірність появи помилок, відстань між помилково прийнятими КС в кількості вірно прийнятих кодограм.

Таблиця 2

Статистичні параметри завад в каналі МТМ

$\Delta F$ , Гц	$\gamma$ , 1/год	$\bar{l}_0$ , мс	$\bar{l}$ , мс	$D_0$ , (мс) <sup>2</sup>	$\sigma_0$ , мс
80	143	25000	14,67	56,18	7,43
140	160	22727	8,41	6,15	2,48
320	212	17020	4,1	2,01	1,42
700	795	4100	1,775	1,562	1,235
1700	1224	2527	0,676	0,12	0,346

Таблиця 3

Вплив довжини конструкції на якість передавання

n	РЦК			ТСК s=7 i=3			
	$N_{\text{пер}}$	$N_{\text{пом}}$	$P_{\text{п}}$	n	$N_{\text{пер}}$	$N_{\text{пом}}$	$P_{\text{п}}$
20	100000	700	$7 \cdot 10^{-3}$	17	100000	1150	$11,5 \cdot 10^{-3}$
40	100000	1500	$15 \cdot 10^{-3}$	33	100000	1620	$16,2 \cdot 10^{-3}$
10	100000	720	$7,2 \cdot 10^{-3}$	9	100000	71	$7,1 \cdot 10^{-4}$

Порівняння результатів передавання сигнальних конструкцій при ТСК і РЦК з урахуванням їх довжин показують, що, незважаючи на те, що енергетична відстань при ТСК визначається зоною в сім разів меншою відносно РЦК ( $\Delta = \frac{t_0}{7}$ ), імовірності помилкового приймання

КС різняться не суттєво, а в тих випадках, коли  $T_{\text{с}}(\text{ТСК}) < T_{\text{с}}(\text{РЦК})$ , імовірність помилкового приймання при ТСК може бути меншою порівняно з РЦК.

Зважаючи на відношення  $\bar{l}_0$  і  $\bar{\tau}_{\text{с}}$  доцільно було провести експеримент на таймерних сигналах, які формуються на заданому інтервалі з набагато меншим числом інформаційних елементів.

**6. Таймерні сигнальні конструкції**

На відміну від позиційного кодування, коли інформація про переданий розряд визначається видом сигналу на одиничному (найквістовому) інтервалі, в таймерних сигнальних конструкціях (ТСК) інформацію закладено у тривалостях декількох окремих часових відрізків сигналу  $\tau_c$  на інтервалі конструкції  $T_c$  і їхньому взаємному положенні [7]. З метою зменшення міжсимвольних спотворень тривалість відрізків не менше найквістового інтервалу  $t_c = t_0 + k\Delta$  ( $k \in 0, 1, \dots, I$ ). Часовий відрізок  $\Delta$  показує частину одиничного

елемента  $t_0 > \Delta = \frac{t_0}{s}$  і визначається завадами у каналі

та припустимою ймовірністю помилкового приймання сигнальної конструкції ( $s \in 2, 4, \dots, 5$ ).

Із вищесказаного можна зробити висновок, що таймерні сигнали являють собою розрядно-цифрові коди, в яких дозволені для передавання сигнальні конструкції мають підряд не менше  $s$  одиниць ( $\Delta$ ) або нулів [8].

Оцінимо ефективність використання таймерних сигнальних конструкцій при передаванні двійковим симетричним каналом.

На рис. 1 наведено декілька реалізацій таймерних сигнальних конструкцій.

Для такого способу формування сигнальних кон-

струкцій число  $N_{pr}$  на інтервалі  $T_c = mt_0$  при  $\Delta = \frac{1}{S}$  дорівнює

$$N_{pr} = C_{ms-i(s-1)}^i \tau_c \geq \Delta(s+i), i = 1; 2; \dots \quad (12)$$

При використанні конструкцій з різним числом ЗММ (i)

$$N_{pr} = \sum_{i=1}^m C_{ms-i(s-1)}^i \quad (13)$$

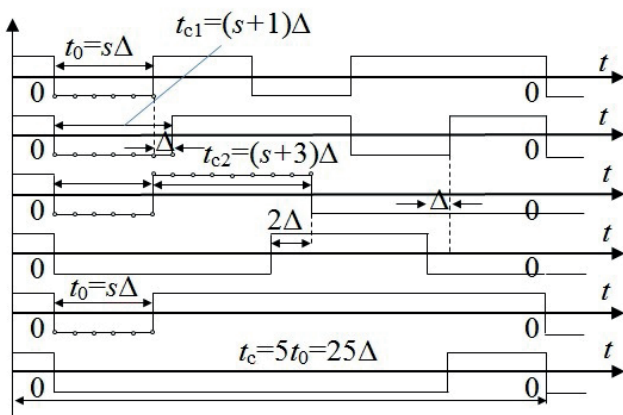


Рис. 1. Реалізація таймерних сигнальних конструкцій

З наведеної вище інформації слід зробити висновок, що у двійковому каналі на  $m$ -елементному інтервалі часу, за рахунок значення  $\Delta(s)$  можливо отримати одне й те саме число сигнальних конструкцій на різних інтервалах часу  $T_c$  [9]. Як приклад на рис. 2 подано залежності тривалості сигнальних конструкцій за заданої потужності кодових множин і параметра  $s$  [10]. З

цих залежностей виходить, що при  $s > 2$  для отримання  $N_p = 2^m$  можна витратити час  $T_c < m_0 t_0$ . При цьому нерівність тим більша, чим більше значення  $s$ .

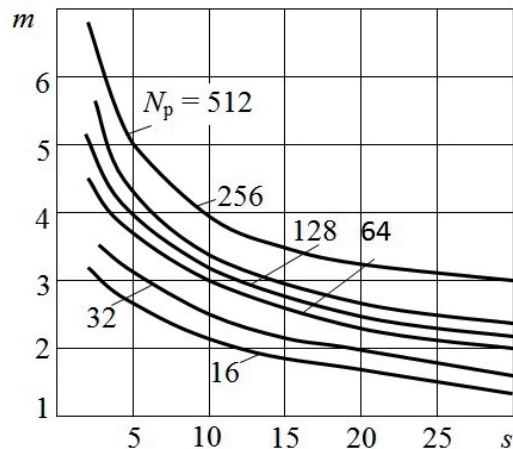


Рис. 2. Залежності  $m=f(s)$  при  $N=const$

На рис. 3 наведено залежності пропускної здатності каналів з різним рівнем флуктуаційних шумів (задано  $h = u_c / u_s$ ) як функцій  $s$  (криві 1...3 для  $h = 7,5$  і  $m = 8, 6, 5$  відповідно, криві 4...6 для  $h = 5,5$  і  $m = 8, 6, 5$  відповідно).

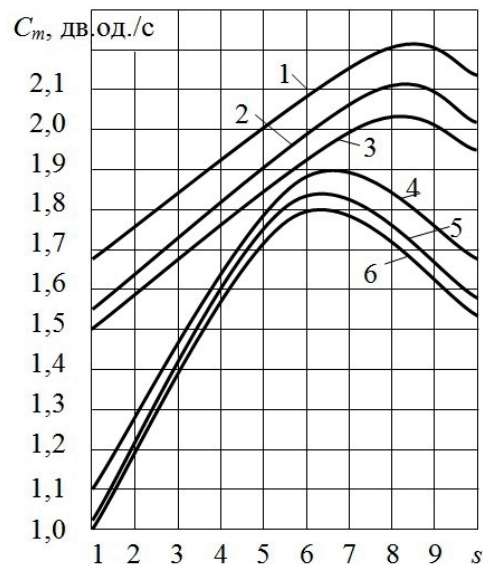


Рис. 3. Залежності пропускної здатності каналу  $C_i=f(s)$  при  $h=const, m=const$

З рис. 3 виходить, що для кожного значення  $h$  є величина зони, за якої  $C_m$  буде максимальним [11]. На практиці оптимальне значення визначається середньоквадратичним відхиленням зміщення фронту сигналу на виході каналу ( $\sigma_k$ )

**7. Аналіз результатів досліджень характеристик розподілу завад між інтервалами переривань**

Для дослідження було обрано канал зі смугою пропускання  $\Delta F = 1300$  Гц та швидкістю модуляції

Таблиця 4

$B=1000$  Бод (при величині  $\Delta F$  більше швидкості модуляції на 30 % з урахуванням нелінійності АЧХ і ФЧХ). Як випробувальні обрано сигнали ТСК з малою енергетичною віддалю у порівнянні з розрядно-цифровим кодуванням (РЦК). Експериментально передавалися ТСК з базовим елементом  $\Delta=0,14t_0$  ( $S=7$ ), інтервалом формування кодового слова (КС) один байт  $T_c=8t_0$  та кількістю інформаційних відрізків  $i=3$ .

У ході експерименту, на прийомі фіксувалася кількість переданих ТСК, кількість вірно прийнятих ТСК, кількість, номера та структура СКК, вражених завадою. ТСК вражені завадами розподілялися на групи:

- перша група – без зміни кількості ЗММ на часовому інтервалі формування СКК;
- друга група – зі зміною кількості ЗММ на часовому інтервалі формування СКК.

Статистичні дані одного фрагмента передавання такі:

1. число переданих кодових слів ТСК – 90000;
2. число прийнятих кодових слів ТСК без спотворень – 89349;
3. число ТСК зі зміщенням одного ЗМВ – 518;
4. число кодових слів ТСК зі зміненою структурою кодового слова – 133.

Вважаючи, що отримані помилкові слова зі зміщенням одного ЗМВ на величину  $1\Delta$  (кількістю 518) отримані за “хорошого” стану каналу, то легко визначити середньоквадратичне значення відхилення  $\sigma$  зміщень ЗМВ

$$2\left(0,5 - \Phi\left(\frac{\Delta}{2\sigma_3}\right)\right) = \frac{518}{3 \cdot 90000} = 1,9 \cdot 10^{-3},$$

$$\Phi\left(\frac{14}{2\sigma_3}\right) = 0,4981, \quad \frac{0,14}{2\sigma_3} = 2,91, \quad \sigma_3 = 0,024.$$

Враховуючи, що реєстрація кожної зони  $\Delta$  проводилася методом підрахунку по відношенню до початку ТСК, то

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_3}{\sqrt{2}} = 0,017.$$

Зважаючи на те, що для каналу з ЧМ [5]  $\sigma_3 = \frac{1}{4h_1}$ , то

співвідношення сигнал/завада ( $h$ ) в «хорошому» стані буде дорівнювати:

$$h_1 = \frac{1}{4 \cdot 0,017} = 14,7, \quad \text{тобто } h_1^2 \in [100 \dots 190].$$

За такого значення  $\sigma_0$  ймовірність зміщення ЗМВ на величину  $\Theta \geq 1,5\Delta$  повинна бути

$$P(\Theta \geq 1,5\Delta) = 2\left[0,5 - \Phi\left(\frac{1,5\Delta}{\sigma}\right)\right] < 10^{-8}.$$

У табл. 4 наведено аналіз номерів кодових слів спотворених завадами дробленнями та в хорошому стані каналу.

Аналіз номерів кодових слів

№ КС зі спотвореннями	Стан каналу	Вид спотворення	Перехід, який змістився на $1\Delta$
...			
756	поганий	Дроблення	
825	хороший	Зміщення	3
1067	хороший	Зміщення	1
1549	поганий	Дроблення	
...			
Відношення кількості однократних помилок до інтервалу між спотвореними кодовими словами з дробленням			0,00252

Враховуючи структуру нумерації кодових слів з різними типами спотворень можливо виявити чітке чергування станів.

Аналіз структури зміщення ЗММ на СКК на інтервалі «поганого» стану вказує на стійкість місць положення ЗММ, які були сформовані при передаванні у порівнянні з новими, що виникли у наслідок дії завади або переривання (табл. 5).

Таблиця 5

Структура спотворень кодових слів

Номер кодового слова	Передане	Прийняте
756	10 29 39	11 13 14 29 39
1549	10 33 40	10 33 53 55 56 60
2383	9 43 55	9 14 15 19 23 25 27 32 35 42 55
3131	10 28 53	12 13 14 31 32 53
3643	9 43 55	9 31 34 43 55
4444	10 26 43	11 16 19 22 29 30 43
5052	9 20 37	9 20 27 28 33 35 42 46 51 52 53

Статистика має наступну структуру:

- число кодових слів з співпавшим 1-м переходом – 12;
- число кодових слів з співпавшими 2-ма переходами – 52;
- число кодових слів з співпавшими 3-ма переходами – 65.

## 7. Висновки

Зменшення енергетичної відстані між сигнально-кодovими конструкціями дозволяє збільшити кількість інформації, що буде вірно прийнято приймачем,

майже  $\frac{I_{ТСК}}{I_{РЦК}} \approx 1,47$  рази у каналах моделі Гільберта

та поліпшити характеристики систем передавання. Аналізуючи отримані дані спотворених кодових слів можна зробити висновок, що у хорошому стані каналу в таймерних сигнальних конструкціях змістився на  $1\Delta$  один інформаційний перехід, який легко виправити. Так як інтервали «хорошого» стану, складають не менш 98 % часу роботи, то КС спотворенні в поганому стані виправляти нема сенсу, а потрібно їх передати ще раз.

## Література

1. Гаджиев, М. М. Методика расчета пропускной способности беспроводного сегмента сети на основе регрессивного анализа [Текст] / М. М. Гаджиев, С. А. Нестеренко, Т. М. Мансуров, Л. В. Иванова // Научные статьи. Азербайджанский технический университет. – 2013. – № 2 XII (45). – С. 95–99.
2. Рид, Р. Основы теории передачи информации [Текст] / Р. Рид; пер. с англ. – М.: «Вильямс», 2005. – 320 с.
3. Захарченко, М. В. Системи передавання даних. Т.І: Завадостійке кодування [Текст]: підручник / М. В. Захарченко. – Одеса «Фенікс», 2009. – 448 с.
4. Захарченко, Н. В. Повышение эффективности блокового кодирования при работе по нестационарным каналам связи [Текст] / Н. В. Захарченко, С. М. Горохов, В. Н. Захарченко, М. М. Гаджиев, А. С. Крысько, М. А. Мамедов и др.; под ред. Н. В. Захарченко. – Баку: ЭЛМ, 2009. – 362 с.
5. Хомич, С. В. Характер спотворень сигналів ТСК в стаціонарних і нестационарних каналах зв'язку [Текст] / С. В. Хомич, К. О. Осадчук, Ю. В. Белова // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2009. – Вип. 645. – С. 103–107.
6. Хомич, С. В. Ефективність таймерних сигналів у системах з І-кратним повторенням [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.02 / С. В. Хомич. - Одесса, 2013. – 19 с.
7. Захарченко, Н. В. Эффективность использования таймерных сигнальных конструкций в системах передачи с кодовым разделением каналов [Текст] / Н. В. Захарченко, В. В. Корчинский, Б. К. Радзимовский // Наукові праці ДонНТУ. – 2011. – № 20(182). – С. 145-151.
8. Захарченко, Н. В. Оптимизация синдромного метода исправления ошибок в адаптивных системах [Текст] / Н. В. Захарченко, М. М. Гаджиев, С. И. Лысенко, Д. В. Талакевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 5, № 2 (65). – С. 13–18. – Режим доступа: <http://journals.urau.ru/eejet/article/view/18419/16174>
9. Захарченко, М. В. Компенсація надлишковості в блокових коректуючих кодах за рахунок таймерних сигналів [Текст] / М. В. Захарченко, В. Й. Кільдішев, С. В. Хомич, О. Г. Пришляк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – Вип. 2. – С.178-185.
10. Захарченко, Н. В. Эффективность применения корректирующих блоковых таймерных кодов в адаптивных системах с решающей обратной связью [Текст] / Н. В. Захарченко, М. М. Гаджиев, Е. Н. Мартынова, С. И. Лысенко // Вестник НТУ «ХПИ». – 2013. – № 38 (1011). – С. 140–145.
11. Захарченко, Н. В. Эффективность использования укрупненных сигналов с нуль-пересечениями в адаптивных системах при работе по реальным бинарным каналам [Текст] / Н. В. Захарченко, М. М. Гаджиев, Е. Н. Мартынова, А. Н. Рябуха // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Серія Радіотехніка та телекомунікації. – 2009. – № 645. – С. 253–259.