



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117124** (13) **U**  
(51) МПК  
**H04B 7/165** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 01217**  
(22) Дата подання заявки: **10.02.2017**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **12.06.2017**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **12.06.2017, Бюл.№ 11**

(72) Винахідник(и):  
**Сайко Володимир Григорович (UA),  
Ємельяненко Борис Миколайович (UA),  
Грищенко Людмила Миколаївна (UA),  
Кравченко Владислав Ігорович (UA),  
Лисенко Дмитро Олександрович (UA),  
Дакова Лариса Валеріївна (UA)**  
(73) Власник(и):  
**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ,  
вул. Солом'янська, 7, м. Київ, 03680 (UA)**

## (54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІКОН ПРОЗОРОСТІ В ТЕРАГЕРЦОВОМУ ДІАПАЗОНІ

### (57) Реферат:

Спосіб підвищення ефективності використання вікон прозорості в терагерцовому діапазоні багаточастотної системи радіозв'язку полягає в тому, що виконують вимірювання відношення сигнал-шум  $Z_o$  і параметрів квазіперіодів середніх тривалостей інтервалів стійкої роботи каналу  $t_p$  і завмирань сигналу  $t_3$  на граничному рівні зміни енергетичного стану радіоканалу.

Знаходять розрахункове середнє значення параметра сигналу  $t_3$  (що приймається) в частотній

області за результатами оцінювання залежності величини  $w = \frac{t_p}{t_3}$  від відношення сигнал-шум

$Z_o$  за різних можливих значень  $m_A$  як елемента заданої множини розрахункових значень параметра  $m_A$  сигналу, найбільш близького до знайденого  $m_A$  сигналу в частотній області.

Знаходять розрахункове оптимальне значення порога  $k_{opt}$  і діапазон змінювання порога

$k_{min} \dots k_{max}$  із аналітичної залежності ймовірність приймання  $n$ -значної дискретної послідовності з  $m$  і більш ураженими символами від поточного (що приймається) і середнього рівня сигналу.

Знаходять розрахункову величину пакетної помилки для усіх можливих значень порогового рівня порога в діапазоні  $k_{min} \dots k_{max}$  багато частотної системи радіозв'язку і для кожного з

виконаних розрахунків проводять порівняння отриманої величини пакетної помилки з пороговою величиною, необхідною для забезпечення необхідної якості радіоканалу.

Виключають з подальшого аналізу ті значення, для яких виміряна величина пакетної помилки менше порогової величини, необхідної для забезпечення необхідної якості радіоканалу.

Знаходять результуючу ймовірність правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку для кожного можливого значення порогової величини, усереднюючи знайдену ймовірність правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку за всіма

виконаними обчислюваннями. Визначають оптимальне значення порогової величини  $k_{opt}$  як порогової величини, за якої значення результуючої ймовірності правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку є максимальним.

UA 117124 U



Корисна модель належить до області перспективних мобільних телекомунікацій, до бездротових систем багатоканального радіозв'язку 4-го і 5-го поколінь і може застосовуватись в організації бездротових дуплексних каналів зв'язку.

Основними вимогами, що пред'являються до мобільних систем радіозв'язку нового покоління, є висока швидкість і надійність передачі даних великій кількості користувачів в складних умовах поширення сигналів. Для практичної реалізації цих вимог розробники здебільшого приділяють велику увагу найбільш перспективним шляхам побудови мереж мобільного зв'язку четвертого і п'ятого поколінь (4Gі 5G) використанню телекомунікаційних систем цифрового радіозв'язку терагерцового діапазону та переходу на малі стільники (мікростільники, пікосоти і фемтосоти), які являють собою базові станції з обмеженим діапазоном дії і встановлюються для розширення зони покриття базових станцій макрорівня. На сьогоднішній день дослідження для таких мобільних систем сфокусовано на збільшенні пропускної здатності каналу зв'язку при використанні надширокопasmових сигналів, що займають весь терагерцовий діапазон. Однак, варто зазначити, що в багатьох перспективних додатках для мереж 5-го покоління дальність зв'язку грає більш значиму роль, ніж швидкість передачі даних.

Найбільш придатними для освоєння під мобільні телекомунікаційні системи в терагерцовому діапазоні є вікна прозорості, які можна визначити за певним рівнем загасання. Згідно з [1] таким граничним рівнем може бути 100 дБ/км. Тоді маємо п'ять вікон прозорості і при цьому пропускна здатність у смугах вікон терагерцового діапазону може досягати сотень Гбіт/с. При цьому, чим менша відстань радіотраси, тим меншого впливу зовнішніх факторів і тим більшої пропускної здатності можна досягати.

В [2] запропоновано спосіб вибору вікон прозорості на основі оцінювання коефіцієнта перепускання середовища шляхом позбавлення від молекулярної абсорбції. Він дозволяє знайти компроміси між відношенням сигнал/шум, пропускною спроможністю каналу і пропускною здатністю.

Суттєвим недоліком визначення вікон прозорості таким способом є те, що за фіксованого граничного рівня порога коефіцієнт використання радіоканалу, який визначається відношенням часу передачі даних в переривчастому зв'язку до загального часу сеансу зв'язку, буде змінним і, відповідно, ефективність використання вікна прозорості також буде змінною.

Найбільш близьким до запропонованого рішення є алгоритм підвищення завадостійкості систем передачі даних в каналах із замираннями [3, 4] при застосуванні переривчастої передачі даних, який є оптимальним за критерієм мінімізації ймовірності помилки. При цьому знайдено квазіоптимальне значення рівня порога сигналу (що приймається) при переривчастій передачі даних в каналі зі замираннями з розподілом Релея і Накагами при постійній потужності передавача.

Суттєвим недоліком цього алгоритму є те, що даний підхід в оцінюванні ймовірності помилкового приймання дискретної інформації по каналам зв'язку із замираннями зазвичай передбачає усереднення ймовірності помилки при фіксованому значенні відношення сигнал/шум. Тому оцінка якості дискретного радіоканалу за даним критерієм не враховує часові характеристики зміни стану дисперсійних (нестационарних) радіоканалів та їх вплив на достовірність прийнятої інформації. Хоча при цьому є очевидним, що такі фактори, як глибина і тривалість замирань сигналу, які є нижчими від деякого граничного значення, багато в чому визначають поточний стан радіоприймання в часі та за корисною енергетикою каналу в терагерцовому діапазоні.

Задача, яку вирішує пропонується корисна модель - це підвищення ефективності використання вікон прозорості в терагерцовому діапазоні багаточастотної системи радіозв'язку при забезпеченні необхідної якості приймання.

Для вирішення поставленої задачі пропонується спосіб визначення оптимальних значень вікон прозорості багаточастотної системи радіозв'язку, який полягає в здійсненні наступних дій:

1. Виконання вимірювань параметрів відношення сигнал-шум  $Z_o$  для кожного активного в даний момент часу радіоканалу.

2. Виконання вимірювань параметрів квазіперіодів  $t_p$  і  $t_s$  зміни енергетичного стану радіоканалу, де  $t_p$  і  $t_s$  відповідно середні тривалості інтервалів стійкої роботи каналу і замирань сигналу на граничному рівні  $A_{cp}$  ( $A_{cp}$  - граничне значення рівня сигналу, що приймається, відносно величин чутливості приймача та рівня зовнішніх адаптивних радіозавад).

3. Визначення розрахункового значення параметра  $m_A$  сигналу ( $m_A$  - середнє значення радіосигналу, що приймається) в частотній області за результатами оцінювання залежності величини  $w = \frac{t_p}{t_s}$  від відношення сигнал-шум  $Z_o$  за різних можливих значень  $m_A$  (див. фіг. 2)

як елемента заданої множини розрахункових значень параметра  $m_A$  сигналу, найбільш близького до знайденого  $m_A$  сигналу в частотній області.

4. Визначення розрахункового оптимального значення порога  $k_{opt}$  і діапазону змінювання порога  $k_{min} \dots k_{max}$  із залежності  $U(\geq m, n) = f(k)$  [5], де ймовірність  $U(\geq m, n)$  приймання  $n$ -значної дискретної послідовності з  $m$  і більш ураженими символами;  $k = A/A_o$ ;  $A$ ,  $A_o$  - відповідний поточний (що приймається) і середній рівень сигналу.

5. Виконання розрахункової величини пакетної помилки для усіх можливих значень рівня порога в діапазоні  $k_{min} \dots k_{max}$  багаточастотної системи радіозв'язку;

6. Для кожного з виконаних розрахунків проведення порівняння отриманої величини пакетної помилки з пороговою величиною, необхідною для забезпечення необхідної якості радіоканалу.

7. Виключення з подальшого аналізу тих значень, для яких виміряна величина пакетної помилки є меншою порогової величини, необхідної для забезпечення необхідної якості радіоканалу.

- для кожного з виконаних розрахунків, крім виключених з аналізу:

8. Визначення результуючої ймовірності правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку для кожного можливого значення порогової величини, крім виключених з розгляду, усереднюючи знайдену ймовірність правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку за всіма виконаними обчислюваннями, крім виключених з аналізу.

9. Визначення оптимального значення порогової величини  $k_{opt}$  як порогової величини, за якої значення результуючої ймовірності правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку є максимальним.

Порівняльний аналіз запропонованого рішення з прототипом дозволяє зазначити, що операції запропонованого способу відрізняються від операцій прототипу наступним чином.

У прототипі виконують вимірювання відношення сигнал-шум для багаточастотної системи радіозв'язку. У запропонованому способі виконують вимірювання відношення сигнал-шум і середньої тривалості інтервалів стійкої роботи терагерцового каналу і завмирань сигналу щодо граничного рівня багаточастотної системи радіозв'язку. Це дозволяє, на відміну від прототипу, контролювати можливість функціонування багаточастотної системи зв'язку (оцінювати якість приймання з урахуванням як енергетичних, так і часових характеристик функціонуючих радіоліній) за різних значень рівня порога.

У прототипі значення оптимального рівня порога сигналу (що приймається) визначають за критерієм мінімізації ймовірності помилки. У запропонованому способі значення порога визначають спочатку на основі оцінки ймовірності приймання  $n$ -значної дискретної послідовності з  $m$  і більшою кількістю уражених символів, шляхом оцінювання неуразеного ( $m = 0$ ) і ураженого ( $m \geq 0$ ) символів в цілому за повідомленнями приймання, а потім - за критерієм мінімізації ймовірності помилки. Відповідно, всі операції, пов'язані з формуванням результуючої завадостійкості і дальності зв'язку в багаточастотній системі радіозв'язку, в прототипі відсутні. За рахунок цього в запропонованому способі, на відміну від прототипу, забезпечується максимізація ефективності використання радіоканалу багаточастотної системи радіозв'язку при забезпеченні необхідної якості приймання.

Порівняльний аналіз рішення, що заявляється, з іншими технічними рішеннями в даній галузі техніки не дозволив виявити характерні ознаки, заявлені у формулі корисної моделі.

Графічні матеріали, які представлено в матеріалах заявки.

Фіг. 1 - варіант реалізації запропонованого способу.

Фіг. 2 - приклад залежності параметра  $w$  від середнього відношення сигнал-шум  $Z_o$ .

Фіг. 3 - приклад залежності результуючої ймовірності помилки системи радіозв'язку некогерентного прийому ОФМ-2 від середнього значення відношення сигнал-шум в каналах із узагальненим релеєвським завмиранням:

крива 1 - прототип; крива 2 - без адаптації порога; крива 3 - запропонований спосіб.

Фіг. 1 - структурна схема пристрою, що реалізує заявлений спосіб, де

1 - Приймач сигналу.

2 - Блок визначення відношення сигнал-шум.

3 - Блок визначення параметрів квазіперіодів  $t_p$  і  $t_z$  зміни енергетичного стану радіоканалу.

4 - Блок визначення розрахункового значення  $m_A$  параметра сигналу в частотній області.

5 - Блок визначення розрахункового оптимального порогового значення параметра  $k_{opt}$  та діапазону змін порогового значення  $k_{min} \dots k_{max}$  радіоканалу.

6 - Блок визначення величини пакетної помилки для всіх можливих значень порогового рівня в діапазоні  $k_{min} \dots k_{max}$ .

7 - Блок порівняльного аналізу.

8 - Блок визначення результуючої ймовірності пакетної помилки для варіантів можливих значень порогового рівня сигналу в діапазоні  $k_{min} \dots k_{max}$ .

9 - Блок визначення оптимального порогового рівня сигналу.

10. Передавач службових даних.

15 Заявлений спосіб реалізують за допомогою пристрою, структурна схема якого наведена на Фіг. 1.

Пристрій на Фіг. 1 працює наступним чином. Вхідний високочастотний сигнал надходить на вхід приймача сигналу 1, де його фільтрують, підсилюють, переносять на відеочастоту, здійснюють його аналого-цифрове перетворення, децимацію, демодуляцію і т. д. Приклад реалізації приймача сигналу наведено в [6]. З виходу приймача сигналу 1 цифрова послідовність надходить на входи блока визначення відношення сигнал-шум 2 і блока визначення параметрів квазіперіодів  $t_p$  і  $t_z$  зміни енергетичного стану радіоканалу 3. Блок визначення 3 параметрів квазіперіодів  $t_p$  та  $t_z$  зміни енергетичного стану радіоканалу для багаточастотної системи радіозв'язку оцінює періоди середньої тривалості інтервалів стійкої роботи каналу і завмирань сигналу на граничному рівня  $A_{zp}$  багатопроміневого каналу поширення, приклад отримання якого описано в [7]. З виходу блока 3 оцінка параметрів квазіперіодів  $t_p$  та  $t_z$  зміни енергетичного стану радіоканалу  $P_m$ , де  $m$  - кількість дискретних звітів оцінювання квазіперіодів  $t_p$  та  $t_z$ , надходить на перший вхід блока визначення 4 значення  $m_A$  параметра сигналу в частотній області, на перший вхід якого з виходу блока 2 надходить оцінювання відношення сигнал-шум  $Z$ . Блок визначення відношення сигнал-шум 2 для кожного взаємного положення приймальної і передавальної станцій багаточастотної системи радіозв'язку формує оцінювання відношення сигнал-шум  $Z$ , приклад отримання якого описано в [8].

В блоці 4 поточні (миттєві) значення відповідних параметрів усереднюються та проводиться оцінка параметра  $m_A$  каналу, приклад отримання якого наведений на фіг. 2 і описано в [5]. У блоці 4 зберігається множина розрахункових значень параметра  $m_A$  в частотній області

$Q = \{Q_n, n=1, i\}$ , які задаються так, щоб його елементи були деяким чином розподілені

всередині заданого інтервалу. В блоці 4 розрахункове значення параметра  $m_A$  сигналу в частотній області визначають як елемент  $Q_a$  заданої множини розрахункових значень,

найбільш близьких до знайденого значення величин параметра  $m_A$  в частотній області найбільш близьких до знайденого значення величин параметра  $Q$ . Ці залежності отримуються методом комп'ютерного моделювання багаточастотної системи радіозв'язку, приклад наведений на Фіг. 2.

З виходу блока 4 знайдені значення  $m_A$ , надходять на вхід блока 5 визначення розрахункового оптимального порогового значення параметра  $k_{opt}$  та діапазону змін порогового значення  $K = f(k_{min} \dots k_{max})$  радіоканалу. В блоці 5 для кожного з можливих значень  $m_A$  визначають ймовірність  $U(\geq m, n) = f(m_A, K)$  приймання  $n$ -значної дискретної послідовності з

$m$  і більш ураженими символами для всіх можливих значень порогового значення  $k_{\min} \dots k_{\max}$  багаточастотної системи радіозв'язку. Ці залежності отримуються методом комп'ютерного моделювання багаточастотної системи радіозв'язку, приклад наведений в [5].

З виходу блока 5 розрахункові значення величин  $k_{\min} \dots k_{\max}$  радіоканалу надходять на вхід  
 5 блока визначення ймовірності пакетної помилки 6. В блоці 6 для кожного з можливих значень  $k_{\min} \dots k_{\max}$  визначають ймовірність пакетної помилки  $P_{j,s}(Z_j, K_s, Q_a)$ ,  $j = 1, J; s = 1, S$  при знайдених розрахункових значеннях можливих значень  $m_A$ , для всіх можливих значень  $k_{\min} \dots k_{\max}$  багаточастотної системи радіозв'язку  $K_s$ , де  $s$  - число можливих значень  $k_{\min} \dots k_{\max}$  багаточастотної системи. Розрахункову ймовірність пакетної помилки  
 10  $P_{j,s}(Z_j, K_s, Q_a)$ ,  $j = 1, J; s = 1, S$  визначають з сімейства залежностей ймовірності пакетної помилки від відношення сигнал-шум при різних елементах заданої множини розрахункових значень  $k_{\min} \dots k_{\max}$ . Ці залежності отримують заздалегідь методом комп'ютерного моделювання багаточастотної системи радіозв'язку або аналітично. Приклад таких залежностей, отриманих методом комп'ютерного моделювання, наведено в [5].

З виходу блока 6 результуюча ймовірність пакетної помилки надходить на вхід блока 7, де  
 15 для кожного з виконаних розрахунків проводять порівняння отриманої величини пакетної помилки з пороговою величиною, необхідною для забезпечення необхідної якості радіоканалу та виключення з подальшого аналізу тих значень, для яких отримана величина пакетної помилки менше порогової величини, необхідної для забезпечення необхідної якості  
 20 радіоканалу.

У блоці 8 визначається результуюча ймовірність правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку для кожного можливого значення порогової величини, крім виключених з розгляду, усереднюючи знайдену ймовірність правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку за всіма виконаними обчислюваннями.

У блоці 9 визначають оптимальне значення  $k_{opt}$  сигналу як величину порогового рівня  
 25 сигналу, за якої значення результуючої ймовірності пакетної помилки багаточастотної системи радіозв'язку є максимальним.

Вихід блока 9 є виходом оптимального значення  $k_{opt}$  сигналу і входом пристрою передачі  
 30 сигналу. 10, що реалізує запропонований спосіб визначення оптимального значення параметрів  $k_{opt}$  сигналу.

Запропонований спосіб дозволяє визначати оптимальні смуги пропускання каналу (вікна прозорості) для практичної реалізації і, відповідно, в залежності від вимог використовуваних додатків можна зробити раціональний вибір параметрів, які відповідають критеріям пропускної здатності і дальності зв'язку цих додатків. Він дозволяє визначити оптимальні параметри  
 35 сигналів для забезпечення раціонального вибору між пропускною здатністю, відношення сигнал/шум, смугою пропускання і дальності зв'язку для вікон прозорості в терагерцовому діапазоні при забезпеченні необхідної якості приймання інформації. На відміну від відомих способів, цей спосіб забезпечує можливість суттєвого підвищення завадостійкості і дальності зв'язку в терагерцовому діапазоні багаточастотної системи радіозв'язку при забезпеченні  
 40 необхідної якості приймання. Крім цього він додатково забезпечує пониження ймовірності переривання зв'язку при передачі особливо цінної інформації сигналами в умовах гранично низьких відношень сигнал-шум та обмеженої кількості частотних каналів терагерцового діапазону.

Ця корисна модель може застосовуватися в будь-яких системах, що функціонують в  
 45 багатопробієвих каналах, наприклад в системах зв'язку LTE, IEEE 802.16n та ін.

На Фіг. 3 наведений приклад залежності результуючої ймовірності помилки системи радіозв'язку некогерентного прийому ОФМ-2 від середнього значення відносини сигнал-шум в каналах із узагальненим релеєвським замиранням: крива 1 - прототип; крива -2 - без адаптації порога; крива 3 - запропонований спосіб. З результатів видно, що застосування розробленого  
 50 способу значно знижує ймовірності помилки некогерентного прийому в релеєвському каналі. Наприклад, при  $Z_o = 8$  дБ ймовірності помилки зменшується з  $1,5 \cdot 10^{-4}$  до  $2 \cdot 10^{-5}$ . Результати моделювання показали, що прототип програє в наведеному прикладі запропонованого способу за ефективністю більше, ніж на 7 %.

Джерела інформації:

1. Link budget considerations for THz Fixed Wireless links/ M. Grigat // IEEE Trans, on Terahertz science and technology. - 2012. - Vol. 2, №. 2. - P. 567-572.

2. Боронин П.Н. Анализ пропускной способности и характеристик частотного спектра в сетях связи сверхмалого радиуса действия в терагерцовом диапазоне /Боронин П.Н., Кучерявый Е.А., Молчанов Д.А. // Электросвязь. - 2014. - № 11. - С. 18-21. аналог.

3. Шахтарин Б.И. Применение прерывистой связи в каналах со случайными параметрами для передачи сигналов узкополосных и с ортогональным частотным разделением /Шахтарин Б.И., Андрианов М.Н., Андрианов И.М. // Радиотехника и электроника - 2009. - Т. 54, № 10, С. 1237-1244. прототип.

4. Шахтарин Б.И. Синтез прерывистой передачи данных с разнесенным приемом сигналов в стационарном канале с логнормальными замираниям /Шахтарин Б.И., Андрианов М.Н., Андрианов И.М. // Научный вестник МГТУ ГА. - 2013. - № 189. - С. 113-117. прототип.

5. Сайко В.Г. Метод визначення оптимальних параметрів вікон прозорості в терагерцовому діапазоні // Сайко В.Г., Грищенко Л.М., Дакова Л.В., Лисенко Д.О., Кравченко В.І.// Телекомунікаційні та інформаційні технології. - 2017. - № 1. - С. 28-35.

6. Сайко В.Г. Використання розподілених транспортних радіомереж терагерцового діапазону в рамках побудови мереж мобільного зв'язку нового покоління// Сайко В.Г., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Грищенко Л.М., Дакова Л.В., Кравченко В.І. // Зв'язок. - 2016. - № 6. - С. 32-39.

7. Мирский Г.Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов /Мирский Г.Я.]. - М.: Энергия, 1972. - 456 с.

8. Патент на корисну модель 108734 Україна, H04B 7/165. Пристрій для вимірювання відношення сигнал/шум в приймальних комплексах адаптивного мобільного радіозв'язку /Сайко В.Г., Наритник Т.М., Грищенко Л.М., Бреславський В.О., Лисенко Д.О., Дакова Л.В. Заявник і патентовласник Державний університет телекомунікацій; заявл. 17.02.2016; опубл. 25.07.2016 // Бюл. № 14.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб підвищення ефективності використання вікон прозорості в терагерцовому діапазоні багаточастотної системи радіозв'язку, який полягає в тому, що виконують вимірювання відношення сигнал-шум  $Z_o$  і параметрів квазіперіодів середніх тривалостей інтервалів стійкої роботи каналу  $t_p$  і замирань сигналу  $t_z$  на граничному рівні зміни енергетичного стану радіоканалу, знаходять розрахункове середнє значення параметра сигналу  $m_A$  (що

приймається) в частотній області за результатами оцінювання залежності величини  $w = \frac{t_p}{t_z}$  від відношення сигнал-шум  $Z_o$  за різних можливих значень  $m_A$  як елемента заданої множини розрахункових значень параметра  $m_A$  сигналу, найбільш близького до знайденого  $m_A$  сигналу в частотній області, знаходять розрахункове оптимальне значення порога  $k_{opt}$  і діапазон змінювання порога  $k_{min} \dots k_{max}$  із аналітичної залежності ймовірності приймання n-значної дискретної послідовності з  $m$  і більш ураженими символами від поточного (що приймається) і середнього рівня сигналу, знаходять розрахункову величину пакетної помилки для усіх можливих значень порогового рівня порога в діапазоні  $k_{min} \dots k_{max}$  багаточастотної системи радіозв'язку і для кожного з виконаних розрахунків проводять порівняння отриманої величини пакетної помилки з пороговою величиною, необхідною для забезпечення необхідної якості радіоканалу, виключають з подальшого аналізу тих значень, для яких виміряна величина пакетної помилки менше порогової величини, необхідної для забезпечення необхідної якості радіоканалу, знаходять результуючу ймовірність правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку для кожного можливого значення порогової величини, усереднюючи знайдену ймовірність правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку за всіма виконаними обчислюваннями, визначають оптимальне значення порогової величини  $k_{opt}$  як порогової величини, за якої значення результуючої ймовірності правильного приймання пакета багаточастотної системи радіозв'язку є максимальним.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що виконується визначення значення порога спочатку на основі оцінки ймовірності прийому  $n$ -значної дискретної послідовності з  $m$  і більш ураженими символами, шляхом оцінювання неуряженого ( $m = 0$ ) і ураженого ( $m \geq 0$ ) символів в цілому за повідомленнями прийому, а потім - за критерієм мінімізації ймовірності помилки.
- 5 3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що виконується вимірювання відношення сигнал-шум та середні тривалості інтервалів стійкої роботи терагерцового каналу і завмирань сигналу щодо граничного рівня системи радіозв'язку.
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розрахункове середнє значення параметра сигналу  $m_A$  (що приймається) в частотній області знаходять за результатами оцінювання
- 10 залежності величини  $w = \frac{t_p}{t_s}$  від відношення сигнал-шум  $Z_o$  за різних можливих значеннях  $m_A$  як елемента заданої множини розрахункових значень параметра  $m_A$  сигналу.
5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розрахункову ймовірність пакетної помилки визначають з сімейства залежностей ймовірності пакетної помилки від відношення сигнал-шум при різних елементах заданої множини розрахункових значень порога в діапазоні  $k_{\min} \dots k_{\max}$ .
- 15 6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при визначенні відношення сигнал-шум проводиться очищення суміші сигнал-шум від шуму.



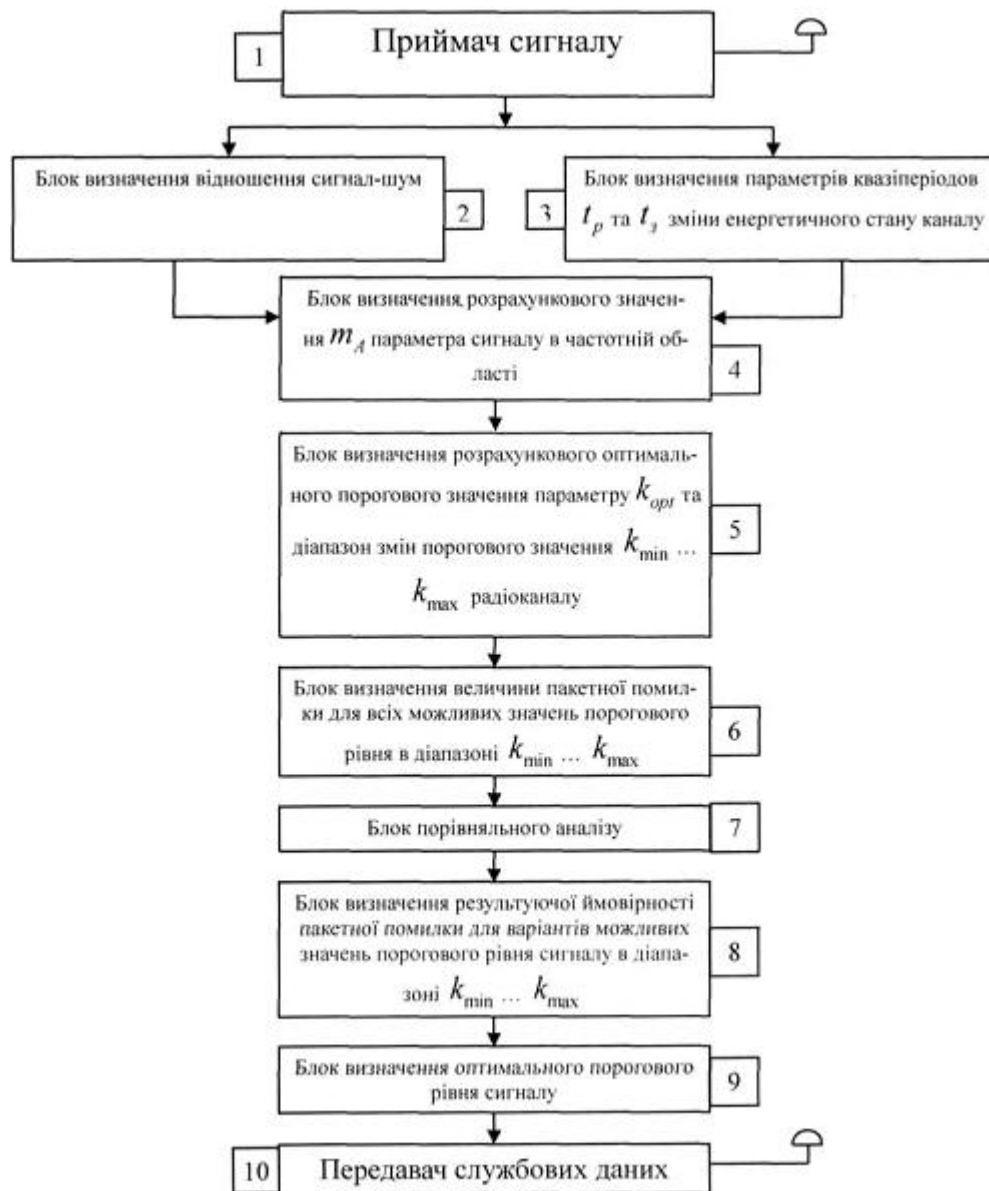
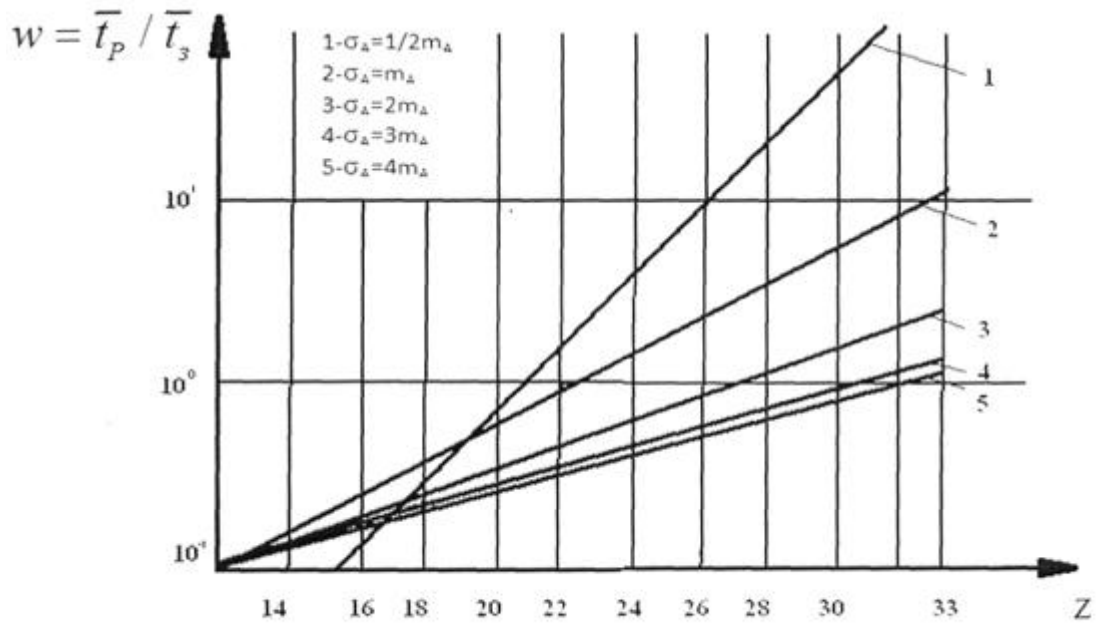
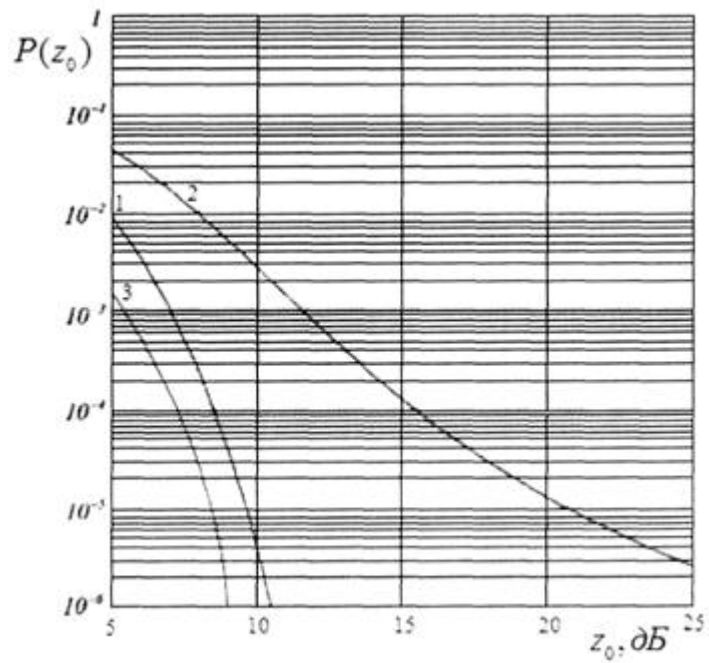


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601