

УДК 621.397

**АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ  
ТРАКТІВ СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ**

БАЛЯР В. Б., ВЕРЕТІЛЬНИЙ С. М.

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова  
ДП "Український науково-дослідний інститут радіо та телебачення"

**ANALYSIS OF OPERATIONAL QUALITY EVALUATION  
FOR MOBILE TELEVISION SYSTEMS CHAINS**

BALIAR V. B., VERETELNIY S. N.

Odessa National Academy of Telecommunications n.a. O.S. Popov  
SE "Ukrainian Scientific-Research Institute of Radio and Television"

***Анотація.** У статті надано результати досліджень у напрямі оцінки характеристик систем мобільного телебачення. Основною метою цих досліджень є аналіз методів оцінки параметрів, що характеризують якість функціонування систем мобільного телебачення, та порівняльна оцінка характеристик існуючих на сьогодні систем мобільного телебачення на прикладі системи DVB-H. На базі математичного моделювання дано кількісні та якісні оцінки основних показників якості функціонування. Для реалізації цього в середовищі математичного моделювання Matlab/ Simulink розроблено імітаційну модель тракту системи DVB-H, що відповідає базовим стандартам. У результаті досліджень вперше надано кількісну оцінку параметрам, що характеризують якість роботи систем мобільного телебачення. Отримані результати можуть бути використані під час контролю якості роботи трактів мобільного телебачення.*

***Abstract.** In article results of studies in direction of performance estimation of mobile television are presented. Main purpose of studies is analysis of estimation methods for parameters characterizing operational quality of mobile television and comparison analysis of current mobile television system on example of DVB-H. For this purpose the simulation model of DVB-H system path corresponding to baseline system specifications is implemented in Matlab/ Simulink modeling environment. As result of studies, the quantitative estimation of parameters characterizing system operational quality of mobile television systems is provided. Obtained results can be used during control of digital television path.*

**МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАКТІВ  
СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ**

Технічний прогрес цифрового мовлення та застосування цифрових методів оброблення та кодування аудіовізуальної інформації в мовленні обумовили появу та бурхливий розвиток систем мультимедійного мовлення.

Перелік систем мультимедійного мовлення, що також називають системами мобільного телебачення, що розглядають на міжнародному рівні відповідає наведеному нижче:

- ATSC-M/H та MediaFLO (США);
- DVB-H/SH та DVB-T2 Lite, DVB-NGH (DVB-H2), DAB-IP (Європа);
- T-DMB та AT-DMB (Північна Корея та Європа);
- ISDB-Tm (Японія та Бразилія (інформацію не підтверджено));
- Китайські системи мультимедійного мовлення (Китай).

Враховуючи те, що в Україні в якості базових стандартів обрано стандарти, розроблені європейським проектом DVB, то надалі будемо розглядати стандарти мультимедійного мовлення саме цієї організації.

У 1997 році було розроблено стандарт цифрового наземного мовлення DVB-T, який вирішує проблему прийому багатопроменевого сигналу, яка є характерною для дециметрового діапазону хвиль. У подальшому для забезпечення передавання сигналів служб мультимедійного мовлення з урахуванням особливостей приймального терміналу (малий розмір, обмеженість енергетичного ресу-

рсу батарей приймача, необхідність у безшовному перестроюванні між сусідніми комірками мовленнєвої мережі) було розроблено стандарт DVB-H, що дозволяв використовувати існуючу мовленнєву інфраструктуру системи наземного цифрового телевізійного мовлення DVB-T. DVB-H – стандарт європейського походження, впровадження якого активно лобіювала компанія Nokia. В 2004 році інститут ETSI опублікував стандарт DVB-H та його було визнано Європейською комісією основним стандартом для послуг мобільного телебачення в Європі. Нещодавно цей стандарт було доповнено варіантом для гібридного супутникового мовлення – DVB-SH.

На сьогодні DVB-H вже прийнятий як стандарт в Індії, тестувався в Малайзії. Вісім каналів у цьому стандарті віщають на Філіппінах і тестуються у Сіднеї (Австралія). Найбільш комерційно успішний проект реалізований в Італії, де послуга надається з літа 2006 р., і кількість абонентів досягла приблизно 600 тисяч. Послугу надають три мобільних оператори - Telecom Italia Mobile, Vodafone Italy, 3 Italia. Розпочато мобільне мовлення цього стандарту в наступних країнах: Албанія, Австрія, Угорщина, Фінляндія, Ірак, Індонезія, Кенія, Марокко, Намібія, Нідерланди, Нігерія, Польща, Швейцарія, В'єтнам. Також розочато тестування в країнах - Бельгія, Канада, Данія, Естонія, Франція, Германия, Гана, Гонконг, Ірландія, Латвія, Лівія, Португалія, Катар, Сінгапур, Південна Африка, Іспанія, Швеція, Тайвань, Об'єднані Арабські Емірати, Великобританія, Уругвай.

Базові принципи оброблення сигналів служб мультимедійного мовлення в системі DVB-H проаналізовано в [1-3]. Параметри системи DVB-H та інших систем визначено на міжнародному рівні в Рекомендації ITU-R BT.1833 [4].

Однією з важливих складових впровадження такого типу систем є вимірювання характеристик цих систем під час впровадження та технічної експлуатації. Враховуючи те, що системи мультимедійного мовлення мають ряд особливостей в побудові, що ще більше ускладнюють тракт адаптації до каналу мовлення, виникає необхідність в визначенні та систематизації методів оцінки функціонування трактів систем мобільного телебачення.

Методи оцінки якості функціонування трактів системи цифрового телевізійного мовлення (DVB-T) визначено у стандарті ETSI TR 101 290 [5]. Враховуючи те, що система мультимедійного мовлення DVB-H базується у значною мірою на стандарті DVB-T, то ці методи вимірювання та параметри, що підлягають вимірюванню, застосовні й до DVB-H, але при цьому необхідно додатково контролювати й інші параметри, що є специфічними до системи мультимедійного мовлення. Саме тому проведена робота щодо аналізу базових стандартів з системи DVB-H – ETSI EN 302 304 та ETSI TR 102 377 [2, 3]. Як результат цього аналізу розширено таблицю параметрів, що підлягають вимірюванню у системі DVB-T, на предмет включення параметрів, що їх контролюють у системі DVB-H. Результат доповнення наведено в табл. 1.

Серед систем цифрового мовлення у різних середовищах (супутниковому, кабельному та ефірному наземному) тракт системи мультимедійного мовлення DVB-T/H є найбільш складним. Це пов'язане, насамперед, з більш високим рівнем завад і спотворень у каналі зв'язку, ніж для інших середовищ розподілу програм цифрового мовлення. Все це вимагає більш складного оброблення транспортного потоку MPEG-2, подаваного на вхід системи DVB-T/H, а це, призводить до ускладнення тракту системи. Для контролю характеристик такого тракту використовується ціла низка параметрів, що характеризують якість функціонування системи. Він є більш широким, чому у випадку систем DVB-T, DVB-S і DVB-S, і охоплює практично кожний функціональний блок системи.

Необхідний набір вимірювальної апаратури, параметри й методи проведення вимірювань для систем цифрового телевізійного мовлення DVB у супутниковому, кабельному і наземному середовищах розподілу програм мовлення, визначені у стандарті Європейського інституту стандартизації в області телекомунікацій ETSI TR 101 290 “Цифрове телевізійне мовлення (DVB). Посібник із проведення вимірювань у системі DVB”. Додаткові параметри, що необхідно вимірювати у системі DVB-H, визначено у стандарті ETSI TR 102 401.

У межах систем цифрового мовлення DVB-T/H, враховуючи побудову підсистеми коригувального кодування, прийнято оцінювати такі коефіцієнти BER:

- коефіцієнт BER перед декодером Вітербі (декодер згорткового коду);
- коефіцієнт BER після декодера Вітербі,  $BER_{vit}$ ;
- коефіцієнт BER після декодера Ріда-Соломона,  $BER_{RS}$ ;
- коефіцієнт BER після декодера Ріда-Соломона системи DVB-H

(MPE-FEC),  $BER_{MPE-FEC}$ .

Таблиця 1 – Параметри, що підлягають контролю в наскрізному тракті системи DVB-T/H

| Параметр   | Передавач | Мережа | Приймач |
|--|-----------|--------|---------|
| <b>Частотні й енергетичні характеристики РЧ/ПЧ сигналу</b> |           |        |         |
| 1. Потужність сигналу РЧ/ПЧ                                | ×         | ×      | ×       |
| 2. Потужність шуму   |           |        | ×       |
| 3. Спектр сигналу РЧ/ПЧ                                    | ×         |        |         |
| <b>Низькочастотні вимірювання</b>                          |           |        |         |
| 4. BER перед декодером Вітербі (DVB-T)                     | ×         | ×      | ×       |
| 5. BER перед декодером Ріда-Соломона (DVB-T)               | ×         | ×      | ×       |
| 6. BER після декодера Ріда-Соломона (DVB-T)                | ×         | ×      | ×       |
| 7. BER після декодера Ріда-Соломона MPE-FEC (DVB-H)        | ×         | ×      | ×       |
| 8. MPE-FER (DVB-H)   |           | ×      | ×       |
| 9. TS-PLR (DVB-T)  |           | ×      | ×       |
| 10. IP-PLR (DVB-H)   |           | ×      | ×       |
| 11. Залежність BER від C/N при зміні потужності АБГШ       |           | ×      | ×       |
| <b>Аналіз сигнального сузір'я</b>                          |           |        |         |
| 12. 11) Аналіз I/Q-складових КАМ-сигналу                   |           |        |         |
| 12.1. Коефіцієнт EVM                                       | ×         | ×      | ×       |
| 12.2. Коефіцієнт MER                                       | ×         |        | ×       |

Параметром, що типово контролюють у системі DVB-H, є коефіцієнт помилки кадру MPE (MPE-FER) [3]:

$$MPE - FER = \frac{\text{кількість помилкових кадрів MPE}}{\text{загальна кількість прийнятих кадрів}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Відповідно до стандарту ETSI TR 102 401 критерієм якості функціонування системи є саме параметр MPE-FER. Причому величина MPE-FER = 5 % (5 кадрів втрачено з 100 переданих) є припустимою та відповідає суб'єктивній оцінці “добре/ задовільно□. Величина MPE-FER = 10 % відповідає якості приймання, що відповідає оцінці “незадовільно□.

Окрім цього, оцінювались коефіцієнт втрати пакета транспортного потоку MPEG-2 TS (TS PLR) та коефіцієнт втрати IP-пакета (IP PLR). Їх розраховували за аналогічним алгоритмом, але аналіз здійснювався над заголовками пакетів потоку відповідного типу. Якщо в заголовку виникала будь-яка невіправлена помилка, тоді вважалось, що пакет втрачено. Потім розраховувалась вірогідність втрати пакета як відношення кількості втрачених пакетів до загальної кількості переданих пакетів.

*Оцінка характеристик сигнального сузір'я.* При впливі спотворень у каналі, таких як, наприклад, нелінійні спотворення в РЧ підсилювачі передавача/приймача або спотворення внаслідок впливу багатопробеневого поширення, виникає необхідність оцінки характеристик сигнального сузір'я ФМ-4/ КАМ-М (див. примітку) цифрового модулятора DVB.

При оцінці спотворень, оцінюваних по сигнальних сузір'ях, може бути використаний параметр, що отримав назву *коефіцієнта помилок модуляції* (MER, Modulation Error Ratio).

При визначенні величини коефіцієнта MER відбувається визначення відстані, на яку відхилилася точка сигнального сузір'я порівняно з номінальним положенням (звичайно це центр області, у ме-

жах якої виноситься рішення про переданий елементарний сигнал) (рисунок 1). При векторному представленні сигналів ФМ-4/ КАМ-М ця відстань є вектором, названим *вектором помилки* (EVM, Error Vector Magnitude).

Враховуючи, що сигнальне сузір'я переданого сигналу може містити значну кількість точок, визначення значення вектора помилки EVM окремо для кожної із точок є недоцільним. У зв'язку з цим, прийнято оцінювати пікове або середнє значення вектора EVM.

За відомим значенням вектора помилки EVM і середньоквадратичним значенням ( $U_{RMS}$ ) сигналу ФМ-4/ КАМ-М величину коефіцієнта помилок модуляції MER визначають у такий спосіб [5]:  
при використанні пікового значення вектора EVM

$$MER_{\text{пікове}} = \frac{\max(|EVM|)}{U_{RMS}} \cdot 100\% ; \quad (2)$$

при використанні середньоквадратичного (RMS, Root-Mean-Square) значення вектора EVM

$$MER_{RMS} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (|EVM|)^2}}{U_{RMS}} \cdot 100\% . \quad (3)$$

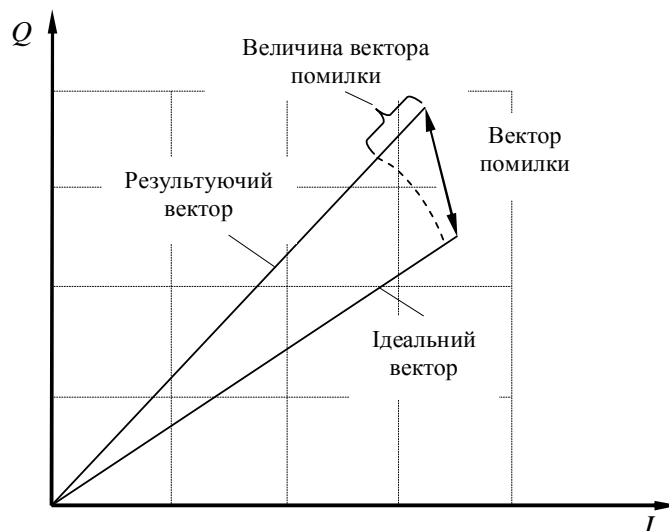


Рисунок 1 – До визначення вектора помилки EVM

Слід мати на увазі, що  $U_{RMS}$  є середньоквадратичним значенням сигналу, модульованим транспортним цифровим потоком, сигнал якого має властивості випадкового процесу, і тому розмах модульованого сигналу може бути, наприклад, у 3 рази більше  $U_{RMS}$ .

Для назви величини помилки сигнального сузір'я також застосовують логарифмічне подання (у дБ) коефіцієнта MER [5]:

$$MER_{\text{дБ}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{MER [\%]}{100}\right), \text{дБ} . \quad (4)$$

При цьому дотримується наступне співвідношення між величиною MER і відношенням сигнал/шум у каналі зв'язку [5]:

$$MER_{\text{дБ}} \leq S / N_{\text{дБ}} . \quad (5)$$

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРАКТУ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ТВ НА БАЗІ СТАНДАРТУ DVB-T/H

Для проведення оцінки впливу радіочастотних спотворень на характеристики системи DVB-T/H будемо використовувати модель низькочастотної частини тракту цієї системи. Такий підхід є найбільш ефективним для проведення подібного аналізу, тому що він не вимагає застосування діючого обладнання, що не пристосовано для проведення детального аналізу характеристик без наявності спеціального обладнання вимірювання, що на сьогодні є досить дорогим. Сучасні можливості, що надають спеціалізовані середовища моделювання є такими, що можуть забезпечити отримання результатів, які є максимально близькими до реальних. Крім того, у більшості випадків при розробці систем цифрового мовлення в проекті DVB застосовують моделювання, результати якого потім використовують в якості еталонних.

Для побудови моделі скористуємось математичним середовищем Matlab та одним з його розширень – пакетом Simulink, що й буде основним інструментом в проведеному дослідженні.

Інтерфейс розробленої в пакеті Simulink моделі каналу системи мультимедійного мовлення DVB-H надано на рис. 2.

У моделі передбачено можливість вибору таких параметрів DVB-H:

- швидкість коду MPE-FEC: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8, 1/1;
- швидкість згорткового коду системи DVB-T: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8;
- метод цифрової модуляції: ФМ-4, КАМ-16;
- режим передавання: неієрархічний;
- оцінка та компенсація каналу: рознесені та безперервні носійні коливання;
- режим перемирення: звичайний, застосовний у системі DVB-T;
- режим OFDM: 2k (1705 активних носійних коливань);
- захисний інтервал: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32;
- ширина смуги частот каналу: 8 МГц.

При створенні моделі зроблено такі припущення:

- у системі передавали тільки сигнали тільки однієї служби, що відповідає безперервному передаванню фрагментів потоку служби;
- система синхронізації є ідеальною і фактори, що впливають на точність синхронізації, відсутні;
- під час моделювання не враховано такі спотворення, як квадратурні та нелінійні спотворення, що можуть виникнути в радіочастотному тракті.

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ DVB-T/H

Під час проведення моделювання впливу спотворень на характеристики каналу системи DVB-T/H здійснювалось передавання псевдовипадкових даних у корисному навантаженні IP-пакета. Інформація в заголовку пакета транспортного потоку також визначалась довільним чином транспортного потоку MPEG-2 TS. Таблиці службової інформації та таблиці FLUTE/ALC не передавали. В приймачі ці дані порівнювались з декодованими даними за алгоритмами, що їх описано вище.

Під час моделювання аналізувались характеристики системи DVB-T/H лише за впливу АБГШ, при цьому аналізувались параметри BER перед та після систем корегувального декодування та інші параметри, що їх визначено вище. Дослідження проводилось при п'яти значеннях відношення сигнал/шум.

Результати проведення моделювання для всіх трьох етапів надано нижче на рис. 3...11. Сигнальні сузір'я та спектр сигналу без впливу АБГШ та при його впливі, отримані в процесі моделювання, надано на рисунках 3-4. Результати проведення моделювання надано на рис. 5...11.

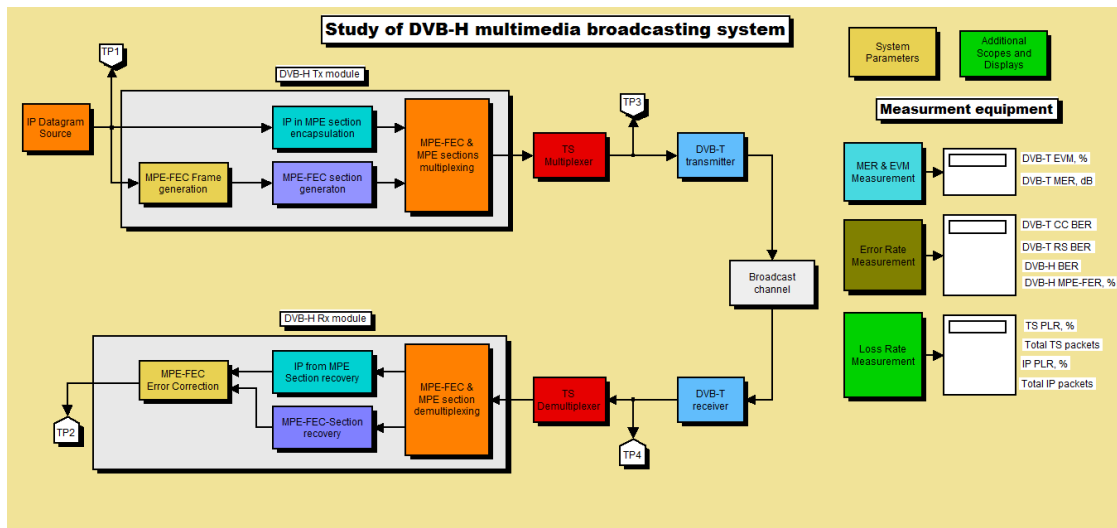
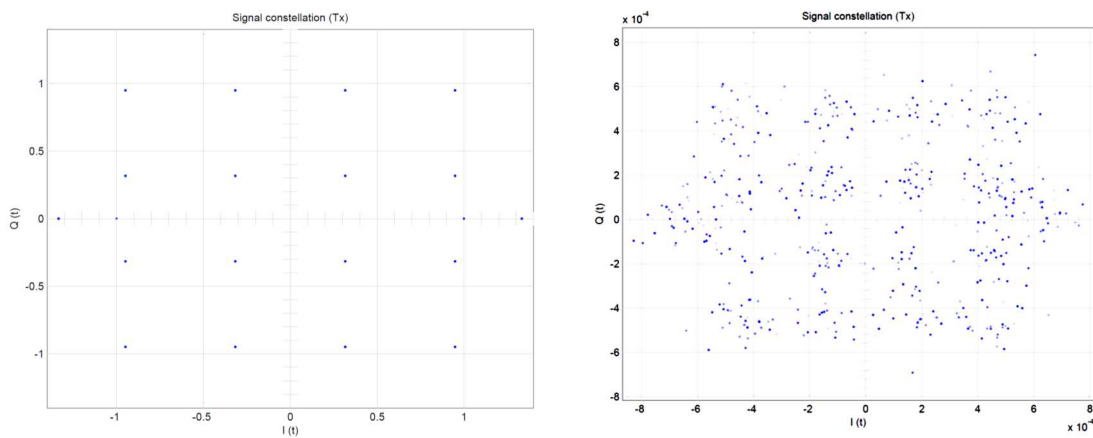


Рисунок 2 – Інтерфейс моделі системи DVB-T/H

На цих рисунках введено такі позначення:

- DVB-T CC – згорткове кодування у системі DVB-T;
- DVB-T RS – кодування за Рідом-Соломоном у системі DVB-T;
- DVB-H MPE-FEC – пряма корекція помилок при багатопроTOCOLЬній інкапсуляції;
- GI – захисний інтервал;
- CR – швидкість коду;
- C/N – відношення (носіїне коливання/шум)
- MPEG-2 TS – транспортний потік MPEG-2.



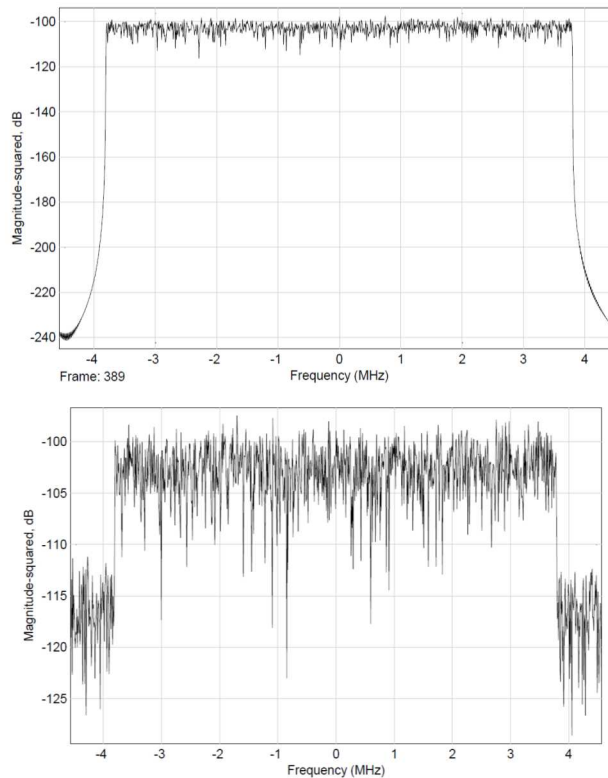
а)

б)

Рисунок 3 – Сигнальні сузір'я DVB-T/H (КАМ-16) при впливі АБГШ:

а) за відсутності шуму; б) при відношенні C/N = 10 дБ

Враховуючи те, що при мобільному прийманні на носимі термінали за використання КАМ-64 не забезпечується достатній запас за завадостійкістю внаслідок суттєвого погіршення за впливу ефекту Доплера та необхідності забезпечення достатньо великого рівня сигналу на вході демодулятора DVB-T, аналіз проводився лише для ФМ-4 та КАМ-16. Крім того, швидкість коду MPE-FEC 7/8 внаслідок того, що цей режим кодування не забезпечує суттєвого покращення порівняно з режимом без кодування MPE-FEC. Залежність  $BER_{RS}$  від відношення C/N фактично відповідає режиму DVB-H, за якого MPE-FEC дорівнює 1/1 (MPE-FEC не використовують).



а) б)

Рисунок 4 – Спектр сигналу DVB-T/H (2k, КАМ-16) при впливі АБГШ:

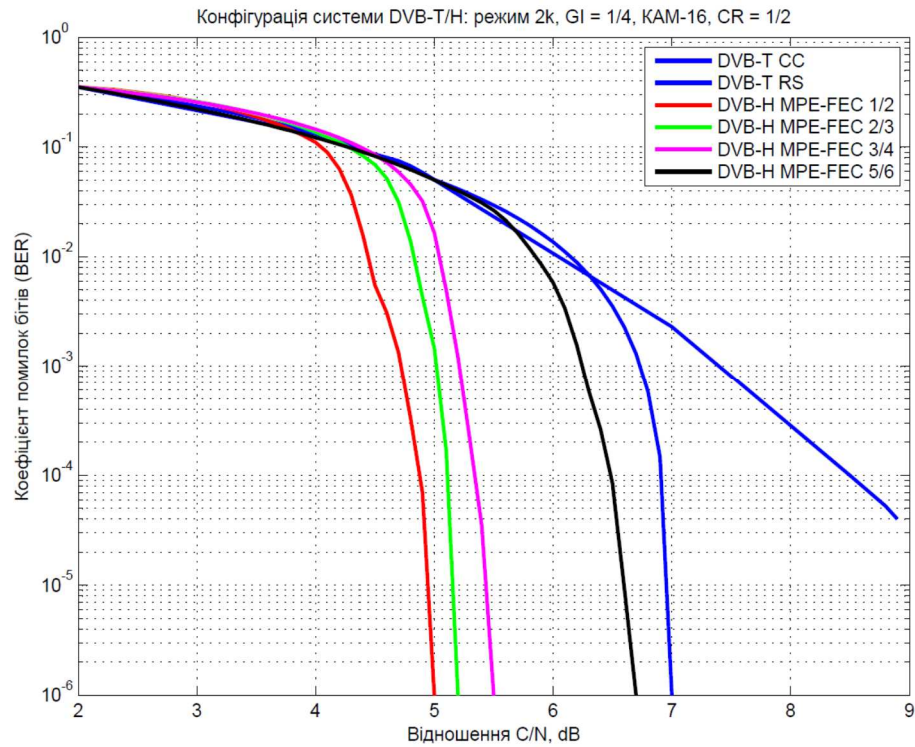
а) за відсутності шуму; б) при відношенні  $C/N = 10$  дБ

З рис. 5,а та 5,б видно, що додаткове кодування у системі DVB-H забезпечує можливість знизити величину відношення  $C/N$ , за якого система буде працювати в квазібезпомилковому режимі (QEF) та помилки будуть практично відсутні. Величину виграшу за відношенням  $C/N$  в системі DVB-H порівняно з системою DVB-T наведено на рис. 6. З цього рисунку видно, що величина виграшу дорівнює, в залежності від обраного режиму MPE-FEC, від 0,2 дБ до 2 дБ, що відповідає стандарту. За ФМ-4 виграш може досягати до 3 дБ.

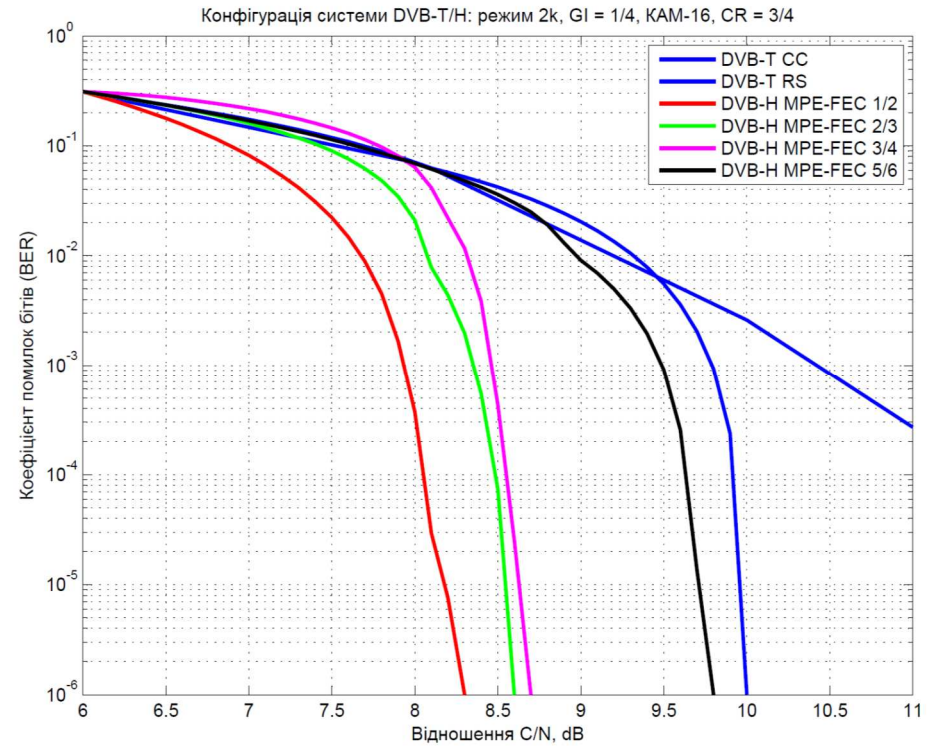
Характеристики підсистеми модуляції системи DVB-T/H проаналізовано на рис. 7. Якість функціонування системи на рівні модуляції/демодуляції характеризували коефіцієнтом помилки модуляції (MER). Проведені дослідження показали, що припустимою величиною коефіцієнта MER у режимі КАМ-16 1/2 є 10,5 дБ, а в режимі КАМ-16 3/4 – приблизно 13,7 дБ. За цих значень коефіцієнту MER величина  $BER_{RS}$  наближається до  $10^{-11} \dots 10^{-12}$ .

Успішне відновлення обраної користувачем служби можливо лише за відсутності помилок у службовій інформації транспортного потоку MPEG-2, на якому базується система DVB-T/H. Зокрема наявність помилок у заголовку транспортного пакета може призвести до неможливості декодування сигналу служби. Для того, щоб охарактеризувати вірогідність вірного декодування сигналу служби та відновлення з транспортного потоку MPEG-2 використано параметр MPEG-2 TS PLR (на рівні DVB-T) та IP-PLR - на рівні системи DVB-H. Ці залежності відповідно наведено на рис. 8...10.

Використовуючи критерій якості функціонування системи DVB-T/H, базований на величині MPE-FER, визначено величини  $C/N$ , за яких суб'єктивна оцінка якості відеозображення буде відповідати оцінці «незадовільно» внаслідок впливу порогового ефекту на відеозображенні. Величини таких відношень  $C/N$  надано на рисунку 11.



а)

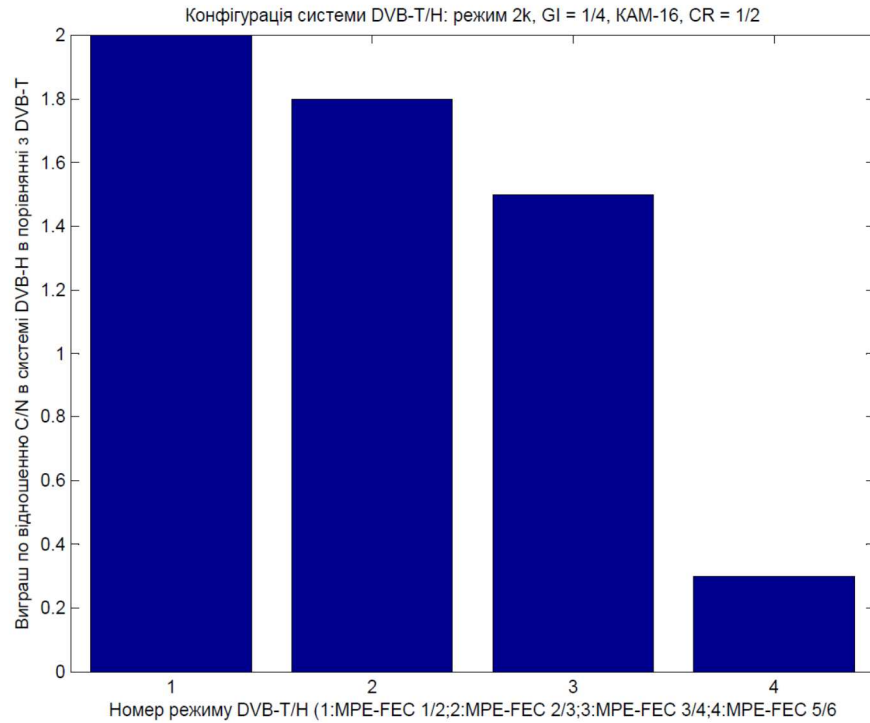


б)

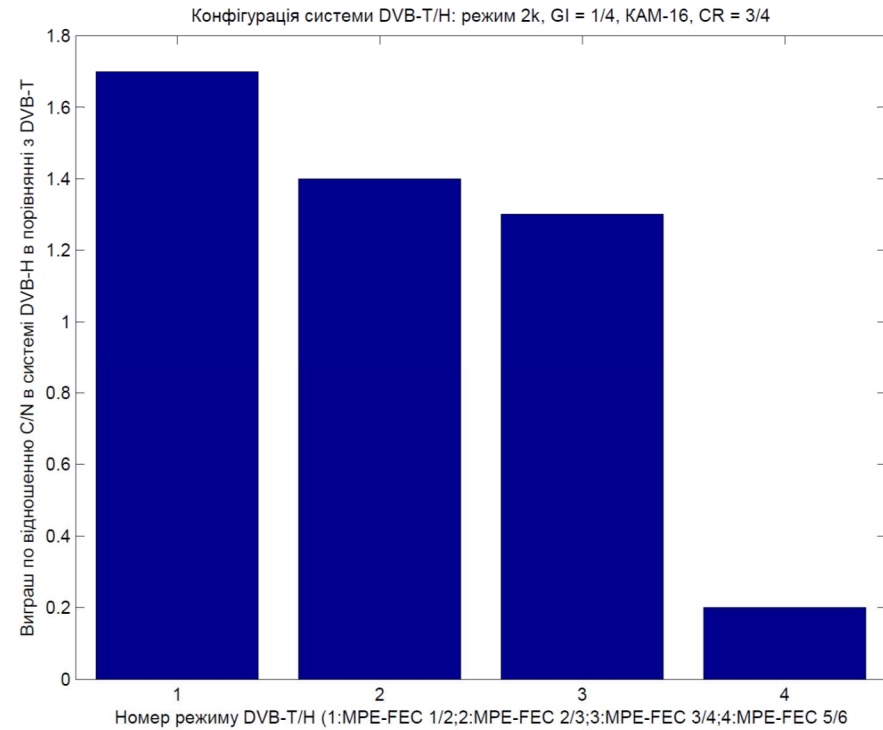
Рисунок 5 – Залежність величини BER у системі DVB-T/H за різних варіантів MPE-FEC при конфігурації DVB-T:

а) 2k, KAM-16, CR = 1/2 б) 2k, KAM-16, CR = 3/4





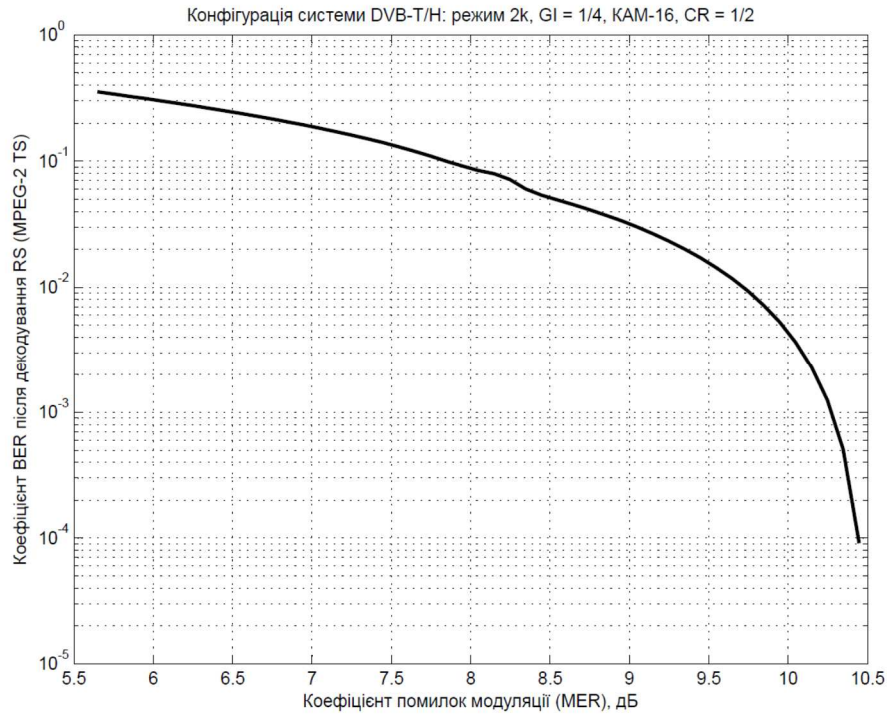
а)



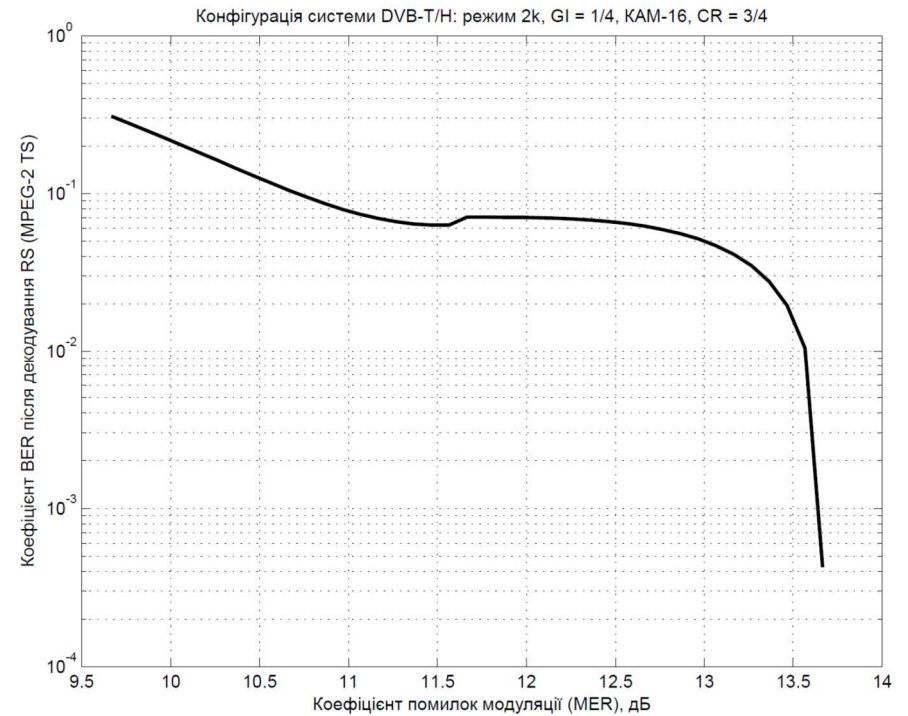
б)

Рисунок 6 – Виграш по відношенню C/N у системі DVB-H в порівняно з системою DVB-T при конфігураціях:

а) DVB-T 2к, КАМ-16, CR = 1/2; б) 2к, КАМ-16, CR = 3/4



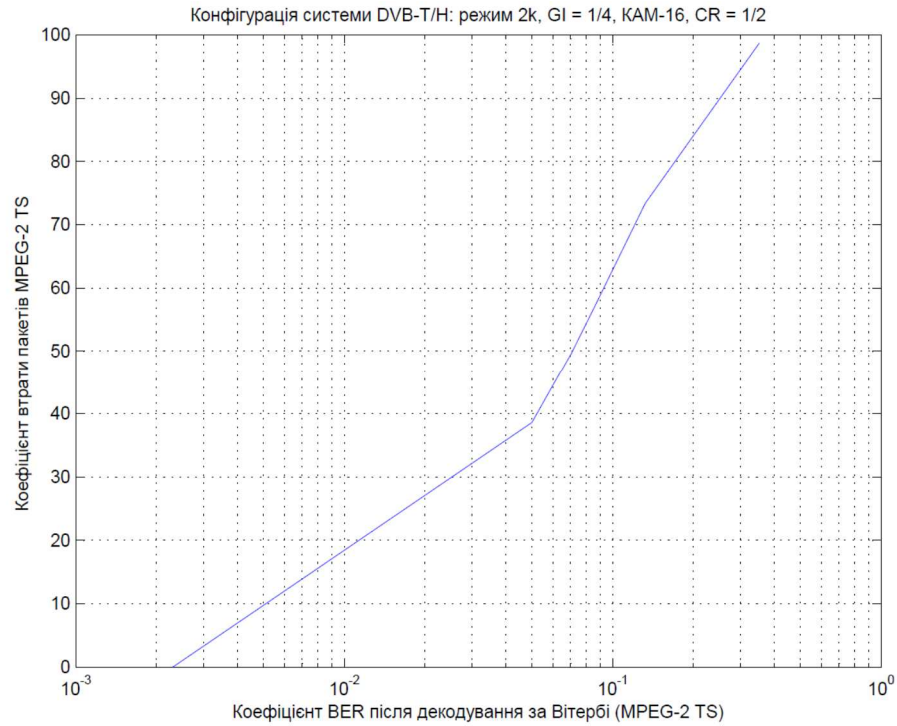
а)



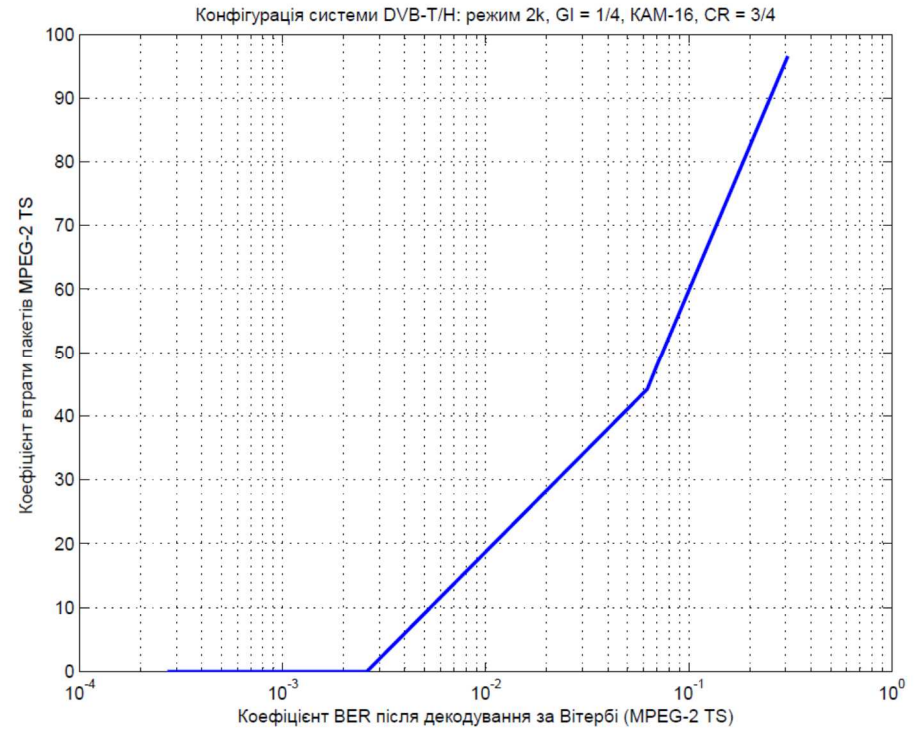
б)

Рисунок 7 – Залежність величини коефіцієнта помилок бітів після декодування за Рідом-Соломоном від коефіцієнта помилок модуляції (MER) при конфігураціях DVB-T/H:

а) 2k, КАМ-16, CR = 1/2; б) 2k, КАМ-16, CR = 3/4



а)



б)

Рисунок 8 – Залежність величини коефіцієнту втрати пакетів MPEG-2 TS від коефіцієнту помилок бітів після декодування за Вітербі при конфігураціях DVB-T/H:

а) 2k, KAM-16, CR = 1/2; б) 2k, KAM-16, CR = 3/4

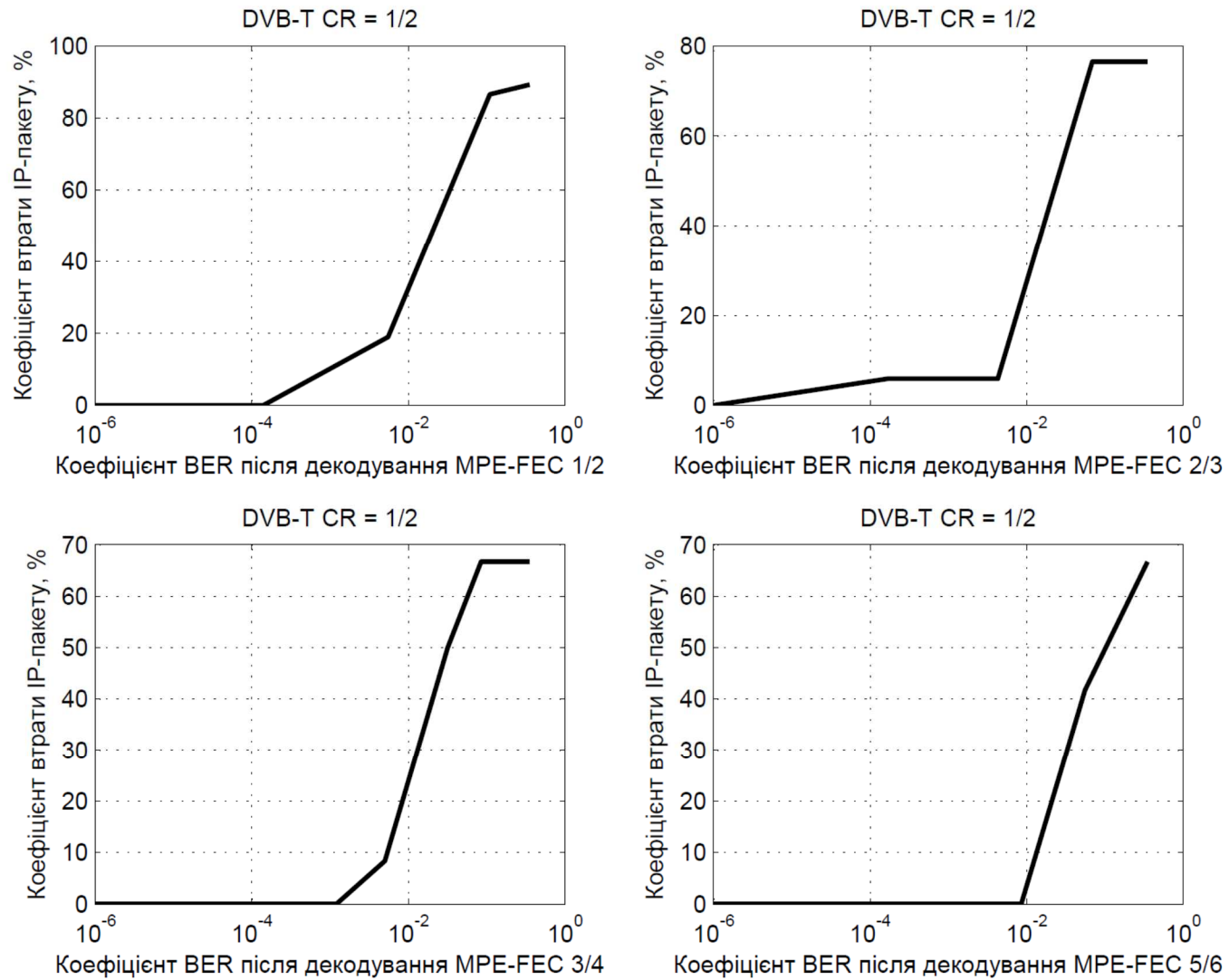


Рисунок 9 – Залежність коефіцієнта втрати IP-пакета від коефіцієнта помилок бітів після декодування MPE-FEC при конфігурації DVB-T/H 2k, КАМ-16, CR = 1/2

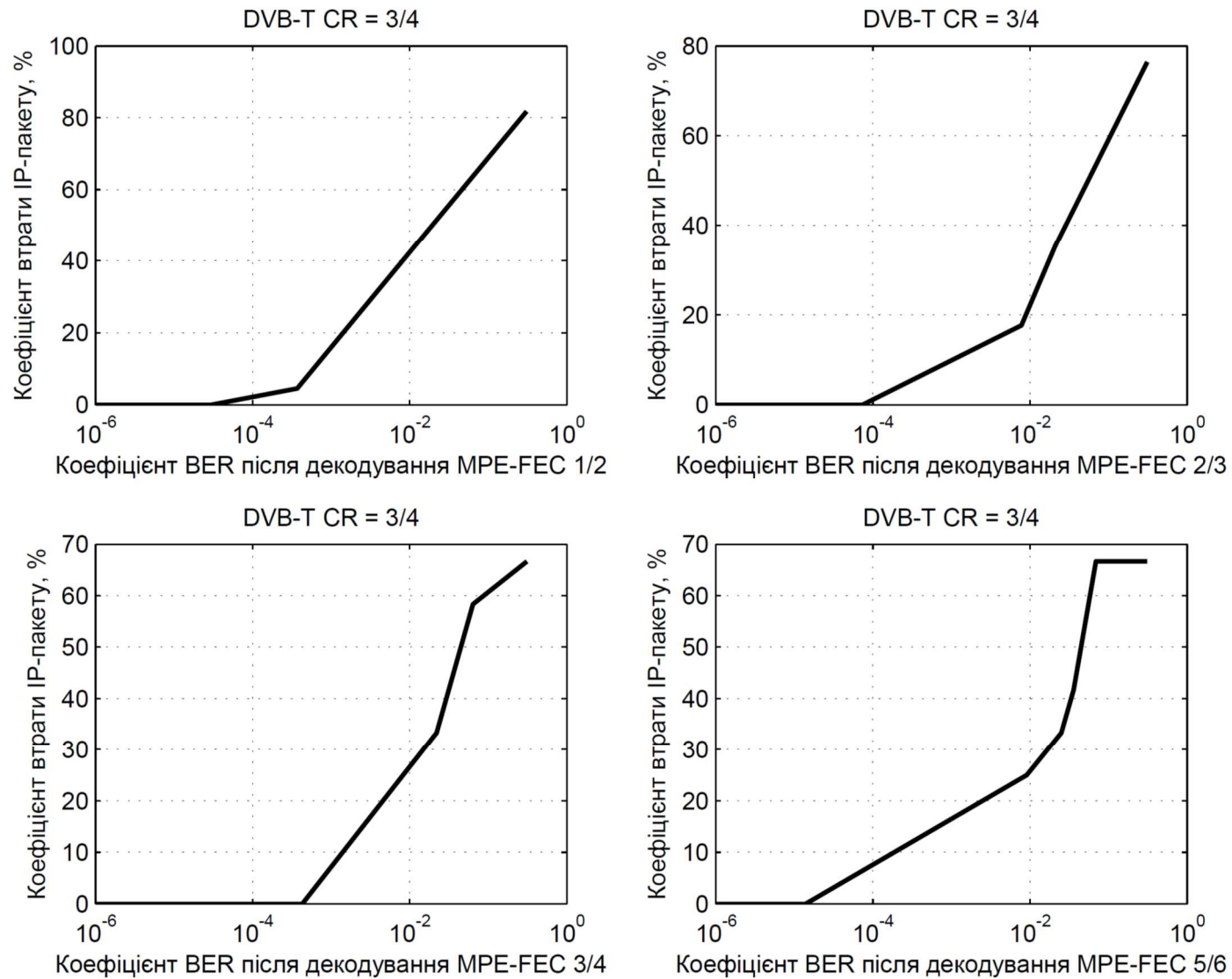
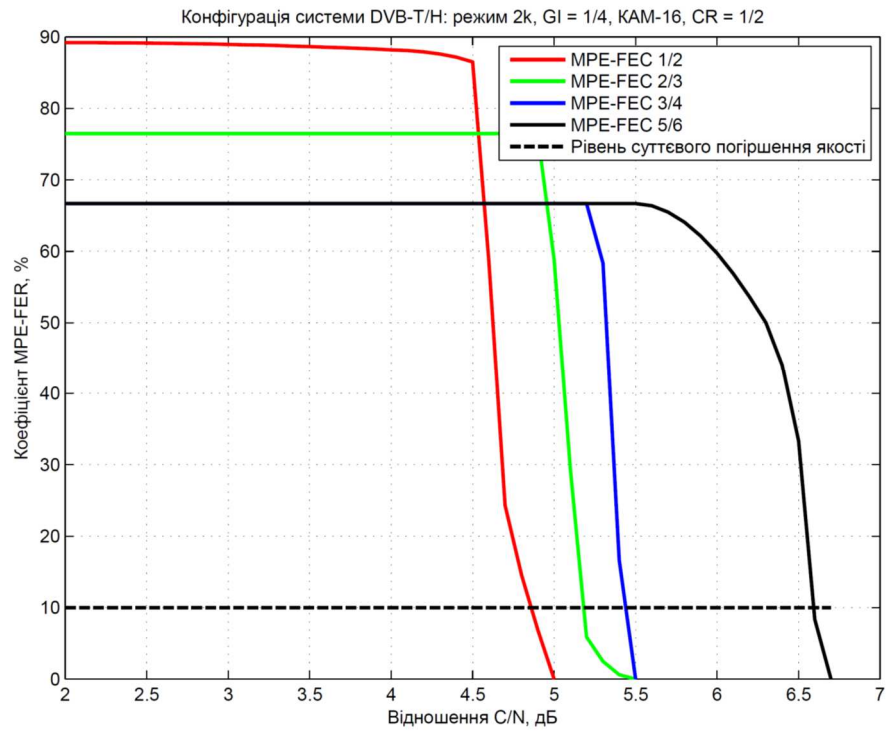
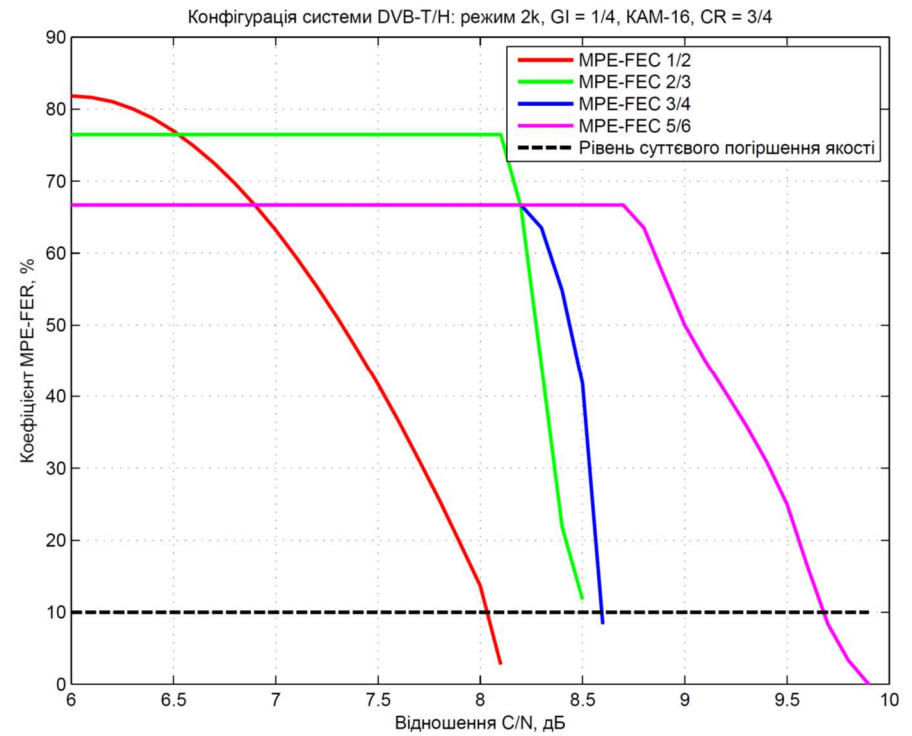


Рисунок 10 – Залежність коефіцієнта втрати IP-пакета від коефіцієнта помилок бітів після декодування MPE-FEC при конфігурації DVB-T/H 2k, КАМ-16, CR = 3/4



а)



б)

Рисунок 11 – Залежність коефіцієнта MPE-FER від величини відношення C/N при конфігурації DVB-T/H:  
а) 2k, КАМ-16, CR = 1/2; б) 2k, КАМ-16, CR = 3/4

## ВИСНОВКИ

Проведений аналіз системи мультимедійного мовлення у стандарті DVB-T/H показав, що із можливих варіантів реалізації мультимедійної системи цей стандарт DVB-T/H є найбільш оптимальним для використання в Україні. Стандарт DVB-T2 Lite до цього часу не прийнято в Україні, в той час як стандарт на систему DVB-T/H вже досить давно прийнято як національний стандарт. Крім того, враховуючи те, що ресурс мовленнєвого каналу, що надає використання системи DVB-H, є достатнім для забезпечення широкого кола послуг та їх специфічність (фактично термінали, що підтримують приймання сигналів мультимедійного мовлення, може дозволити собі більш-менш соціально-успішна частина населення, саме тому ця послуга може розглядатись у більшості випадків як комерційний проект), цю систему може бути впроваджено в Україні не обов'язково державними підприємствами, але й приватними. На сьогодні враховуючи те, що мережа DVB-T ще не достатньо розвинута, в Україні існує можливість побудови окремих мереж системи DVB-H. Використанням системи DVB-H дає високу надійність та якість зв'язку практично в усій зоні обслуговування, яка досягається використанням потрібним захистом від помилок, мультиплексуванням з квантуванням за часом та певною побудовою стільника мережі, за якої досягається найбільша ефективність використання частотного ресурсу та ресурсу каналу. В цій статті проаналізовано основні параметри, які необхідно враховувати під час розгортання та експлуатації систем мобільного телебачення на базі стандарту DVB-H, та визначено припустимі значення, за яких система працює в квазібезпомилковому режимі та за яких забезпечується відсутність порогового ефекту на відеозображенні. Дотримання визначених норм дозволить забезпечити необхідну якість функціонування системи мобільного телебачення.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1 Баляр В.Б. Принципи побудови системи DVB-H наземного телевізійного мовлення на носії термінали/ В.Б. Баляр. - Праці УНДІРТ. – 2005-№2. – С.105–107.
- 2 ETSI EN 302 304 Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H). – 2004. – 14 с.
- 3 ETSI TR 102 377. Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines. – 2009.–114 с.
- 4 Рекомендація ITU-R BT.1833. Радиовещание для приема на подвижные портативные приемники сигналов мультимедийных приложений и приложений передачи данных. – 2007. – 48 с.
- 5 ETSI TR 101 290 Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems. – 2001. – 175 с.