

УДК 691.397

**АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО
ЗБИРАННЯ НОВИН З АДАПТИВНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ ТА КОДУВАННЯМ**

ОЛЬШЕВСЬКА Т.С.

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

**ANALYSIS OF EFFICIENCY INCREASING METHODS OF SATELLITE NEWS GATHERING
SYSTEMS WITH ADAPTIVE CODING AND MODULATION**

OLSHEVSKA T. S.

Odessa National Academy of Telecommunications named after O.S. Popov

***Анотація.** Ця робота присвячена аналізу характеристик адаптивних систем супутникового збирання новин та містить результати дослідження щодо підвищення їх ефективності з урахуванням особливостей використовуваних алгоритмів та можливих спотворень при декодуванні на рівні відеопотоку MPEG.*

***Abstract.** This article is devoted to performance analysis of adaptive satellite news gathering systems. Study results on efficiency increasing of such systems with consideration of performance of applied algorithms and possible impairments during decoding on MPEG video stream level are presented.*

АНАЛІЗ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО ЗБИРАННЯ НОВИН

В Україні здійснюється перехід до цифрового формату телевізійного мовлення. Під час переходу важливою складовою є забезпечення висхідної суб'єктивної якості зображення і звукового супроводу. Це можливо лише за дотримання всіх технічних норм на характеристики обладнання, що працює наскрізному тракці системи цифрового телевізійного мовлення.

Мінімальний рівень суб'єктивної якості зображення звукового супроводу визначається системою телевізійного виробництва та поствиробництва. Враховуючи те, що більшість телевізійних сюжетів присвячено висвітленню суспільних, розважальних та загальнонаціональних подій, важливою частиною ТВ тракту є система позастудійного виробництва та мовлення. Серед цих систем можна виділити системи збирання новин у наземному (системи ENG, Electronic News Gathering) та супутниковому (SNG, Satellite News Gathering) середовищі.

На сьогодні існує декілька стандартів, що дозволяють реалізувати систему супутникового збирання новин, серед них такі: DVB-DSNG [1] та DVB-S2 [2-4]. Останній забезпечує більшу ефективність використання радіочастотного ресурсу супутникового каналу внаслідок більш ефективних систем коригувального кодування та модуляції.

Одним із варіантів покращення характеристик системи на цифрового супутникового збирання новин є застосування режимів адаптивного кодування та модуляції (ACM, Adaptive Coding and Modulation) [5].

Система DVB-S2 має такі технічні характеристики:

- діапазон робочих частот: 11-12 ГГц;
- застосування: служби мовлення, служби розподілу контенту, служби збирання новин та подання сигналу до студії, інтерактивні служби;
- підтримка форматів вхідного потоку: транспортний потік MPEG-2 (MPEG-2 TS), потік загального формату (GS);
- коригувальне кодування: зовнішній коригувальний код BCH (з виправленням 8, 10 та 12 помилок) та внутрішній код з низькою щільністю перевірки на парність LDPC (1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10);
- режими кодування та модуляції: CCM, VCM, ACM;
- метод модуляції: ФМ-4, ФМ-8, АФМ-16, АФМ-32, MR-ФМ-8;

- оцінка каналу: пілот-сигнали;
- коефіцієнт скруглення спектра: 0,2; 0,25; 0,35.

Вище використані такі скорочення:

- ССМ – постійне кодування і модуляція;
- VCM – змінне кодування та модуляція;
- АСМ – адаптивне кодування та модуляція;
- LDPC – код з малою густиною перевірок на парність;
- ВСН – код Боуза-Чеутхори-Хоквінгейма.

Особливий інтерес являє собою режим АСМ, що в інтерактивних супутникових мережах з кінцевим обладнанням геостационарних супутників. На рис. 1 надано загальну схему організації каналу зв'язку в режимі АСМ, який складається зі шлюзу (GW), що містить модулятор системи DVB-S2 в режимі АСМ, який визначено в настановах користувача до системи DVB-S2 (див. ETSI TR 102 376 [4]), супутниковий ретранслятор, супутникове (приймальне) кінцеве обладнання (ST), від якого встановлено з'єднання до шлюзу GW через зворотний канал.

У кінцевому обладнанні здійснюють вимірювання відношення SINR (сигнал/(шум+завада)), значення якого передають через зворотний канал до шлюзу. В цьому пристрої здійснюють вибір найбільш завадостійкого методу модуляції/ кодування. Таким чином систему підстроюють до найбільш оптимальних умов приймання, за якого, наприклад, імовірність помилок бітів є мінімальною та технічна якість функціонування відповідає необхідному рівню. Для служб, таких як супутникове збирання новин, цей режим є найбільш оптимальним [6].

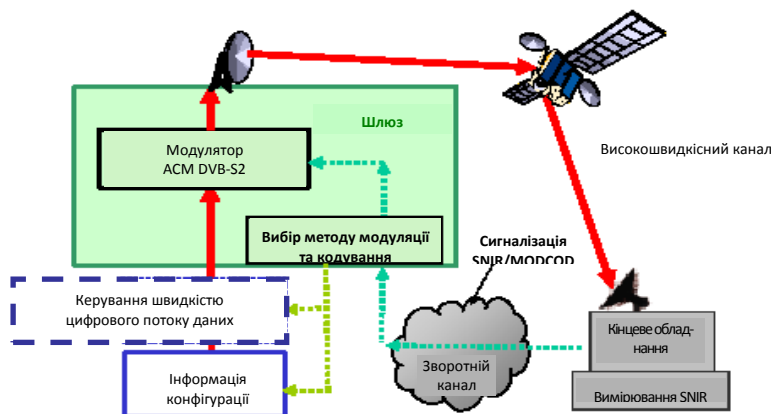


Рисунок 1 – Структурна схема каналу з АСМ у системі DVB-S2

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ВІДНОШЕННЯ СИГНАЛ/ШУМ ДЛЯ СИСТЕМИ АСМ У СТАНДАРТІ DVB-S2

Для функціонування режиму адаптивного кодування та модуляції у системі DVB-S2 використовують два параметри:

- 1 відношення енергії модуляційного символу до енергії шуму $\left(\frac{E_s}{N_0} \right)$;

- 2 коефіцієнт помилок бітів (BER), що визначають як відношення кількості бітів до загальної кількості бітів.

Вважається, що система працює в квазібезпомилковому режимі, якщо величина BER після декодера LDPC відповідає величині більшій за $1 \cdot 10^{-7}$.

Для забезпечення ефективної роботи режиму АСМ необхідно визначити порогові значення відношення сигнал/шум, за яких має здійснюватися перехід до інших параметрів кодування та модуляції. Для розв'язання цієї задачі було побудовано модель системи DVB-S2 з режимом адаптивного кодування та модуляції за допомогою середовища модулювання Matlab. Це середовище є ефективним за-

собом для проведення наукових досліджень та дозволяє в ефективний спосіб реалізувати модель наскрізного тракту системи цифрового телевізійного мовлення та зокрема системи цифрового збирання новин.

Модель розробленої системи наведено на рис. 2. Під час модулювання реалізовано лише окремі конфігурації системи DVB-S2, що дозволяє кількісно та якісно оцінити граничні характеристики цього стандарту. Серед цих конфігурацій було обрано такі: ФМ-4 3/5, ФМ-4 9/10, ФМ-8 3/5 та ФМ-8 9/10.

За результатами проведеного моделювання було отримано залежності, що наведені на рис. 3-6.

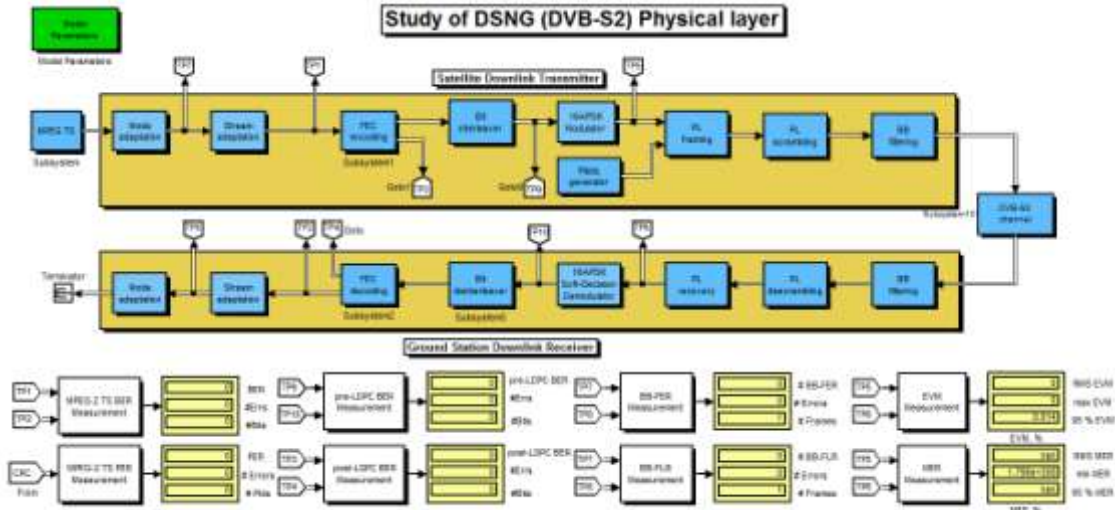


Рисунок 2 – Інтерфейс моделі супутникового каналу системи DVB-S2

В такому разі, якщо відношення $\frac{E_s}{N_0}$ є меншим за отримане під час моделювання порогове значення, то система DVB-S2 має бути переведена до режиму з більш завадостійким кодуванням та модуляцією, за допомогою зворотного каналу.

Так, наприклад, якщо в супутниковому каналі використовують конфігурацію системи DVB-S2 ФМ-4 9/10 та відношення $\frac{E_s}{N_0}$ є меншим за 6,3 дБ, тоді система має бути приведена до режиму ФМ-4

3/5, що забезпечує необхідні характеристики за відношенням $\frac{E_s}{N_0} \geq 2,23$ дБ. Інші значення порогового відношення $\frac{E_s}{N_0}$ надано в табл. 1.

Таблиця 1 – Порогові значення відношення для методів модуляції ФМ-4, ФМ-8 та різних швидкостей коду LDPC

Параметр	Швидкість коду	Метод модуляції	
		QPSK (ФМ-4)	8PSK (ФМ-8)
$\frac{E_s}{N_0}$, дБ	3/5	2,23	5,5
	5/6	5,1	9,2
	8/9	6,1	10,5
	9/10	6,3	10,75

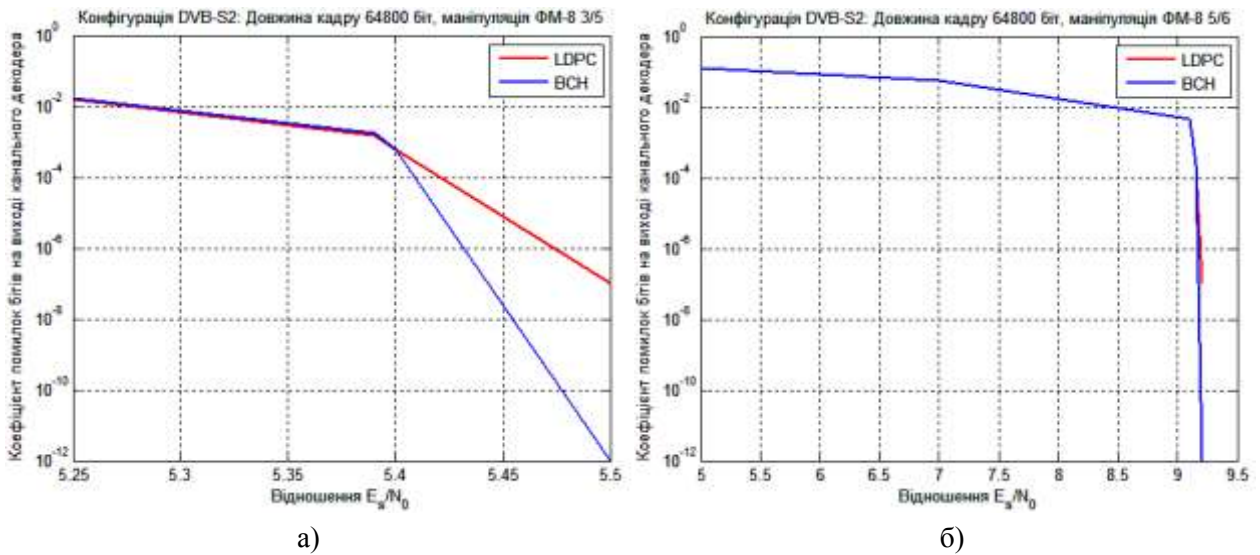


Рисунок 3 – Залежності коефіцієнта помилок бітів на виході каналного декодера від відношення сигнал/шум: а) ФМ-8 3/5; б) ФМ-8 5/6

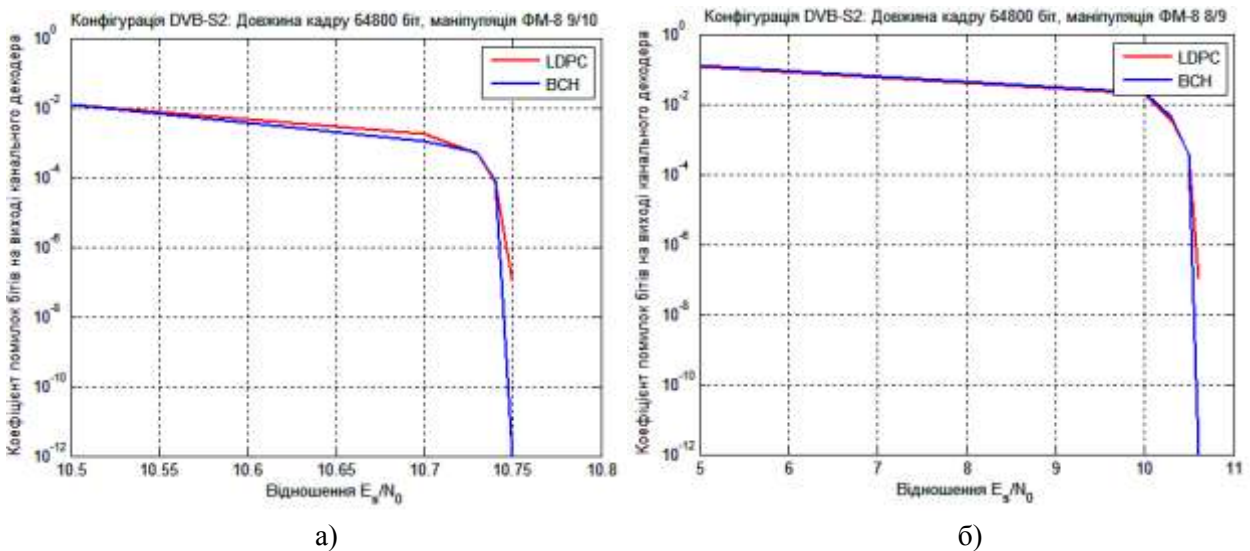


Рисунок 4 – Залежності коефіцієнта помилок бітів на виході каналного декодера від відношення сигнал/шум: а) ФМ-8 8/9; б) ФМ-8 9/10

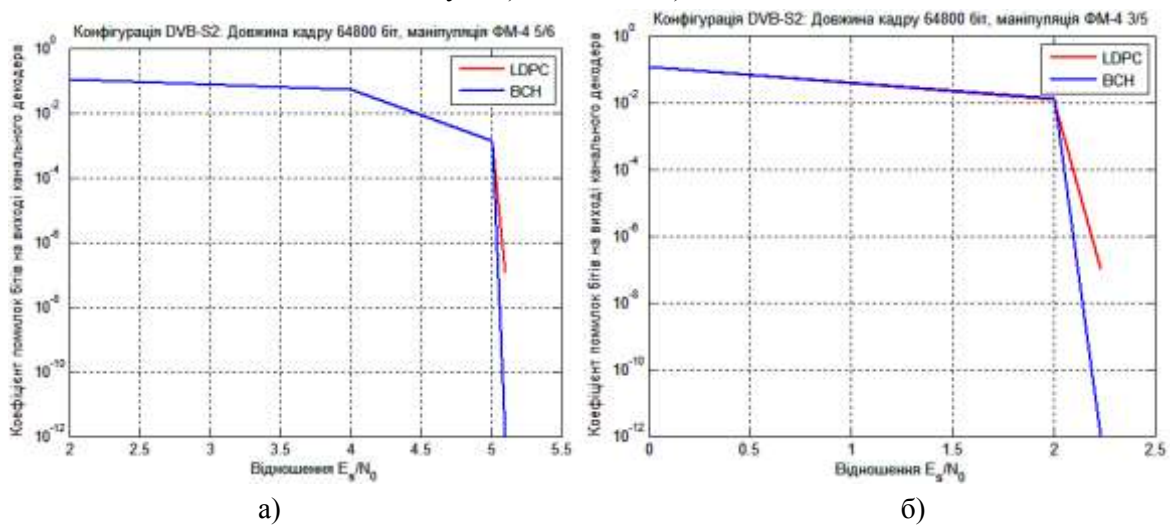


Рисунок 5 – Залежності коефіцієнта помилок бітів на виході каналного декодера від відношення сигнал/шум: а) ФМ-4 3/5; б) ФМ-4 5/6

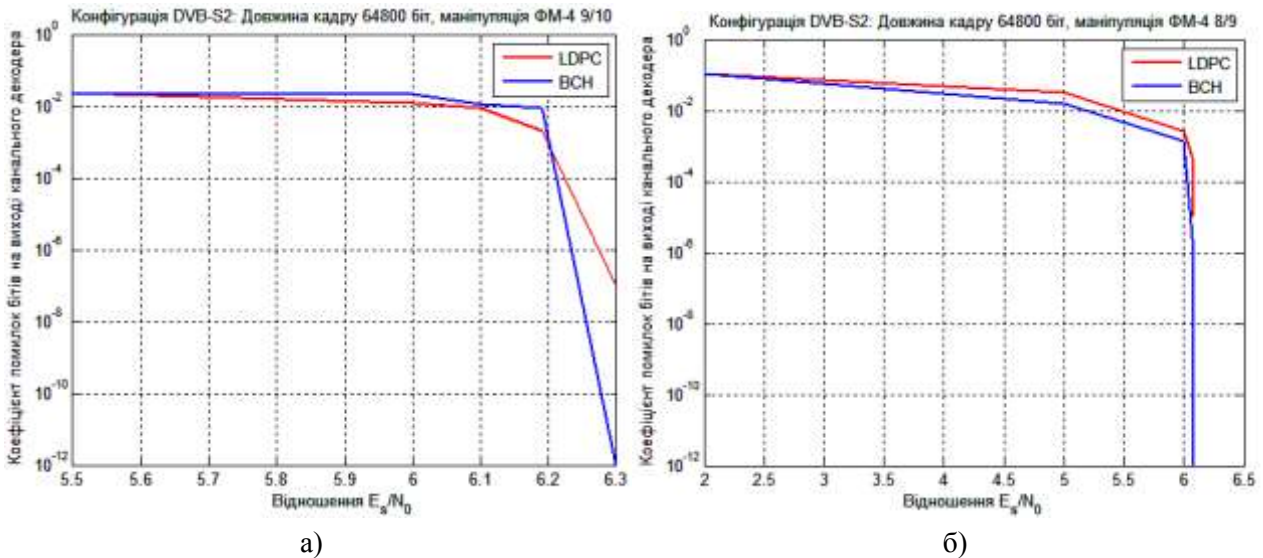


Рисунок 6 – Залежності коефіцієнта помилок бітів на виході каналного декодера від відношення сигнал/шум: а) ФМ-4 8/9; б) ФМ-4 9/10

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЖИМУ АДАПТИВНОГО КОДУВАННЯ ТА МОДУЛЯЦІЇ У СТАНДАРТІ DVB-S2

Для роботи режиму ACM значення SNR оцінюється з боку приймача і повинно бути відомим в передавачі. В стандарті [4] для реалізації цього визначено алгоритм SNORE, схему якого приведено на рисунку 7.

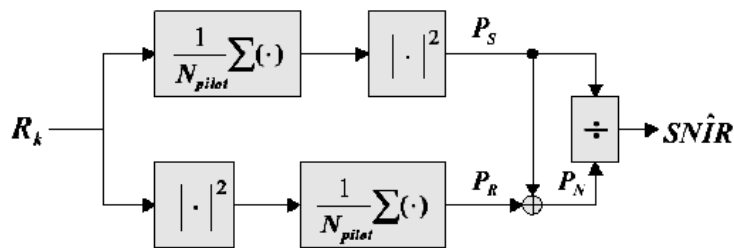


Рисунок 7 – Схема алгоритму SNORE

Алгоритм SNORE може працювати на базі аналізу вхідних даних (DA) і на базі аналізу пілот – сигналів (DD) [4]. В цій роботі використано варіант реалізації на базі DD. Для оцінки відношення SNIR використовують 36 пілот-сигналів, які передають блоками кожні 16 слотів фізичного кадру системи DVB-S2. Згідно з цим алгоритмом оцінка SNR обчислюється як відношення потужності пілот-сигналів P_s до оцінки потужності шуму P_n . Величина P_n обчислюється як різниця між P_R (оцінена потужність пілот-сигналів на виході приймача) і P_s .

Потужність повного сигналу, при $t_k = kT_{slot}$, може бути виражена [4]:

$$P_s[k] = \left\{ \frac{1}{2N_p W} \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{m=1+(k-1)N_{slot}}^{(k-1)N_{slot}+N_p} \left[r_p(m) d_p(|m|_{N_{slot}}) + r_q(m) d_q(|m|_{N_{slot}}) \right] \right\}^2, \quad (1)$$

де, $r_p(m)$ і $r_q(m)$ – відповідає синфазно-квадратичній складовій ФМ- сигналу.

Під час $t_k = kT_{slot}$, $d_p(m)$ і $d_q(m)$ – вихідна послідовність пілот-сигналу (вихідна синфазна і квадратична складова). $W \geq 1$ – кількість слотів в пілот – сигналі використовується при обробці.

Для аналізу ефективності алгоритму SNORE побудовано математичну модель, що її було реалізовано в середовищі Matlab/Simulink за алгоритмом наведеним вище. У цій моделі використано тракт системи DVB-S2 з пілот-сигналами за умов впливу адитивного білого гаусівського шуму. Під час моделювання встановлювалось відношення сигнал/шум в каналі та після цього здійснювалась оцінка цього відношення за алгоритмом SNORE з використанням пілот-сигналів. У результаті визначалась

похибка оцінки відношення сигнал/шум, що визначалась як різниця між встановленим (реальним) і вимірним значенням, та після цього було побудовано рис. 8.

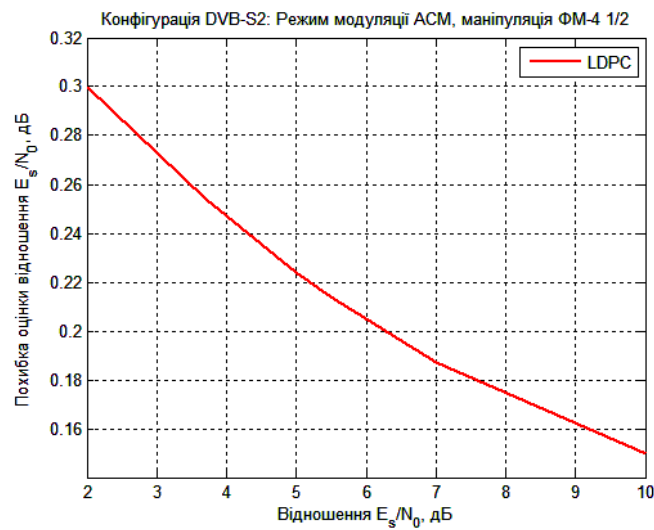


Рисунок 8 – Залежність похибки оцінки відношення сигнал/шум від відношення сигнал/шум

З рисунку випливає, що при збільшенні відношення сигнал/шум у каналі похибка оцінки відношення сигнал/шум зменшувалась та досягала значення 0,15 дБ при $\frac{E_s}{N_0} = 10$ дБ. Проте при відношенні сигнал/шум, що відповідає 2 дБ, величина похибки відповідає 0,3 дБ. Таким чином, враховуючи вплив порогового ефекту, що полягає у суттєвому погіршенні характеристик системи в разі не дотримання норм на відношення сигнал/шум, це може призводити до зниження ефективності режиму ACM (див. рис. 9).

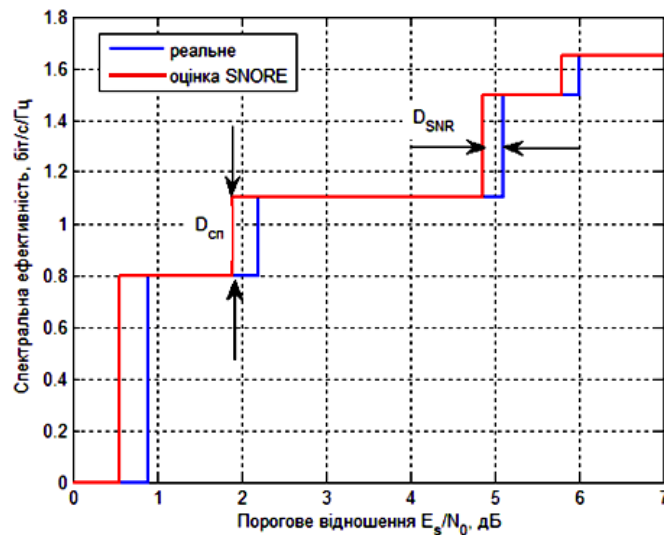


Рисунок 9 – Залежність спектральної ефективності від порогового відношення сигнал/шум

З рис. 9 випливає, як змінюється спектральна ефективність при порогових значеннях відношення сигнал/шум, при цьому червоною лінією позначено порогові відношення сигнал/шум при оцінці SNORE, а синьою – встановленим (реальним) пороговим відношенням сигнал/шум. При цьому для оцінки ефективності використано такі два параметри:

- різниця між вихідним і реальним значенням (D_{SNR});
- ступінь зниження спектральної ефективності при застосуванні алгоритму SNORE ($D_{сп}$).

Залежність D_{SNR} від відношення сигнал/шум було наведено на рисунку 8. Аналогічну залежність для $D_{сп}$ наведено на рисунку 10.

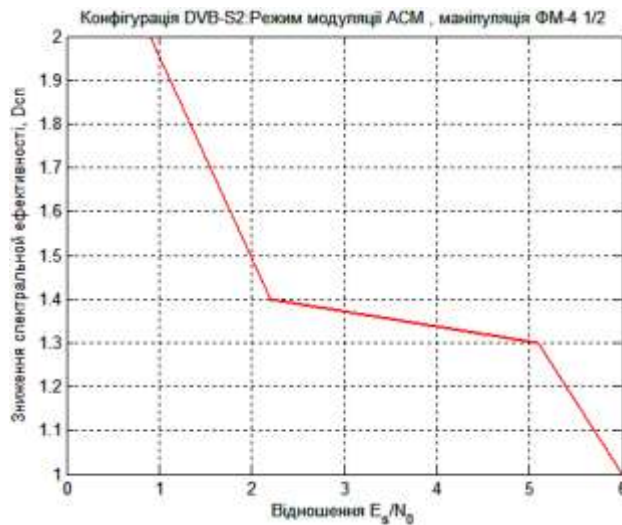


Рисунок 10 – Залежність зниження спектральної ефективності від відношення сигнал/шум

З рисунку 10 видно, що при відношенні сигнал/шум, яке дорівнює 0,9, відбувається зниження спектральної ефективності в 2 рази, а при відношенні сигнал/шум, яке дорівнює 6, спектральна ефективність знижується в 1,3 рази. Таким чином, чим більше відношення сигнал/шум, тим менше значення зниження спектральної ефективності.

Можливим технічним рішенням, що запропоновано в цій роботі, є збільшення амплітуди пілот-сигналів. Це призведе до певного збільшення потужності сигналу DVB-S2, але дозволить зменшити похибку визначення оцінки відношення сигнал/шум при алгоритмі SNORE.

Результат застосування цього технічного рішення показано на рисунку 11, що містить залежність похибки оцінки відношення сигнал/шум від коефіцієнта підсилення пілот-сигналів за амплітудою.

Оцінюючи залежність похибки оцінки відношення $\frac{E_s}{N_0}$ від коефіцієнта підсилення пілот-сигналів за амплітудою, ми можемо зробити висновок, що при збільшенні цього коефіцієнта вдається зменшити похибку відношення сигнал/шум до 0,08. Такої похибки можливо досягти при коефіцієнті підсилення пілот-сигналів за амплітудою, що дорівнює 10.

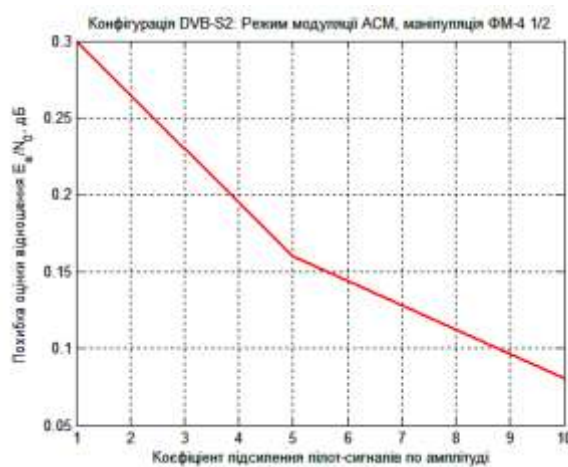


Рисунок 11 – Залежність похибки оцінки відношення сигнал/шум від коефіцієнта підсилення пілот-сигналів за амплітудою

ВИСНОВКИ

Режим АСМ у системі DVB-S2 є засобом, що дозволяє найбільш ефективно використовувати радіочастотний ресурс супутникового каналу з максимізацією пропускної здатності. Ефективним варіантом реалізації системи контролю технічної якості функціонування системи цифрового супутникового збирання новин є використання об'єктивної метрики оцінки якості А-PSNR, що дозволяє оперативніше та з великою стабільністю виявляти спотворення на зображенні і відповідно контролювати технічну якість системи DVB-S2.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 ETSI EN 301 210 Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for Digital Satellite News Gathering (DSNG) and other contribution applications by satellite, 1999. – 32 p. - (European standard).
- 2 Гофайзен О.В. Технології цифрового телевізійного, звукового та мультимедійного мовлення 2 покоління/ О.В. Гофайзен, В.Б. Баляр // Праці науково-практичної конференції “Перспективні технологічні та ринкові напрями розвитку телекомунікаційних послуг у новітніх безпроводових системах зв'язку”. – 2007. – С. 33-35.
- 3 ETSI EN 302 307 Digital Video Broadcasting (DVB); News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2), 2009. - 78 p. - (European standard).
- 4 ETSI TR 102 376: 2005 (DVB-S2) Digital Video Broadcasting (DVB); User guidelines for the second generation system for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2), 2005. - 104 p. - (European standard).
- 5 Alberto Morello and Vittoria Mignone DVB-S2— ready for lift off// EBU Technical Review – October 2004.
- 6 Баляр В.Б. Системи супутникового мовлення й збору новин другого покоління: технології, стандартизація, перспективи впровадження/ В.Б. Баляр // ТВ технології. - 2009. - № 4. - С. 3–15