

**МОЖЛИВІСТЬ РОБОТИ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ HD-RADIO З ІСНУЮЧИМИ
СТАНЦІЯМИ ОВЧ ЧМ МОВЛЕННЯ У СМУЗІ ЧАСТОТ 87,5 – 108 МГц**

МАКОВЕЄНКО Д.О.

ДП УНДІРТ

**POSSIBILITY OF HD-RADIO HYBRID SYSTEM WORKING WITH EXISTING VHF FM
BROADCASTING STATIONS IN THE 87,5 – 108 MHz BANDWIDTH**

MAKOVEYENKO D.O.

ВСТУП

В Україні смуга частот від 87,5 МГц до 108 МГц використовується для аналогового звукового мовлення. На даний час в великих обласних центрах працюють більше ніж по 20 FM станцій, тому існує проблема дефіциту частотного ресурсу. Крім того в великих містах існує проблема багатопроблемності, вплив якої проявляється в зниженні рівня сигналу, що приймається, прояві частотних та нелінійних спотворень та зменшенні перехідних затухань при стерео прийомі. Одним із способів вирішення цих проблем є впровадження цифрового звукового мовлення на основі HD- радіотехнології.

Як відомо [1], для того, щоб використовувати нову систему, вона повинна бути включена в План використання радіочастотного ресурсу України. Основним питанням, яке повинно бути вирішено до включення нової технології/системи в План, є питання ЕМС. Розрахунки ЕМС радіоелектронних засобів (РЕЗ) базуються на частотному і/або просторовому рознесенні тих засобів, ЕМС яких розраховується. Одним з ефективних способів узгодження умов спільної роботи РЕЗ є розробка і реалізація норм частотно-територіального рознесення (ЧТР) між РЕЗ, які взаємно впливають [2]. Норми ЧТР є сукупністю взаємозумовлених значень територіального і частотного рознесення РЕЗ з урахуванням орієнтації їх антен, при яких забезпечується їх ЕМС.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Режим роботи цифрової системи HD (ІВОС) при одночасному передаванні аналогових і цифрових сигналів має назву "гібридного". Це дозволяє згодом перейти від гібридної до чисто цифрової системи мовлення.

Технологія ІВОС дозволяє мовникам ввести ці оновлення без розширення спектру, який виділено для ДВЧ-ЧМ сигналів, дозволяючи існуючим ДВЧ-ЧМ станціям передавати ту ж саму програму в аналоговому і цифровому виді.

Спектральна діаграма гібридної системи FM ІВОС показана на рисунку 1.

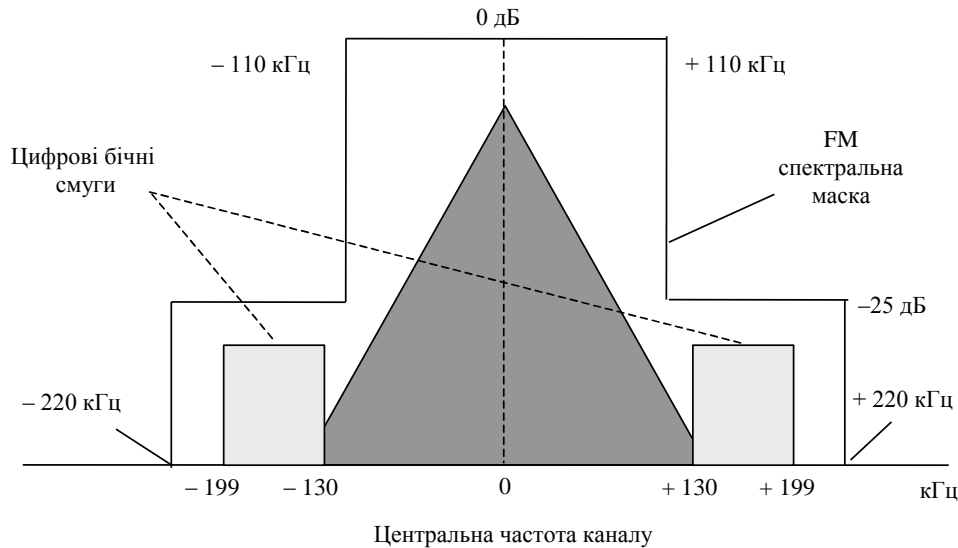


Рисунок 1 – Спектр гібридної системи FM HD (ІВОС)

Результати моделювання, проведені лабораторні тести і польове тестування при розності носійних частот в 200 кГц показали, що обмеження смуги цифрових сигналів до 70 кГц (між 129 кГц і 199 кГц від центральної частоти) мінімізує інтерференцію між основним аналоговим каналом (host) і суміжними цифровими каналами. Ця смуга досить широка, щоб забезпечити надійну роботу гібридної служби ІВОС при якості звуковідтворення, що наближається до якості яка отримується з CD [3].

Для планування ДВЧ ЧМ мовлення в Україні використовується рівномірний рознос каналів з кроком сітки в 100 кГц, незалежно від системи (монофонічна, стереофонічна). Тому для отримання норм частотно-територіального рознесення необхідно розглядати наступні випадки:

- рознесення між аналоговими носійними 0 кГц (рис. 2,а);
- рознесення між аналоговими носійними 100 кГц (рис. 2,б);
- рознесення між аналоговими носійними 200 кГц (рис. 2,в);
- рознесення між аналоговими носійними 300 кГц (рис. 2,г);
- рознесення між аналоговими носійними 400 кГц (рис. 2,д).

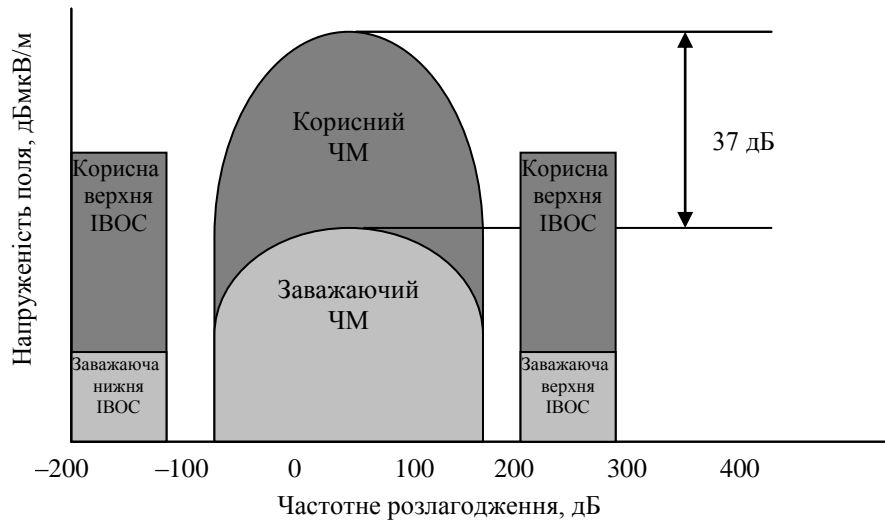


Рисунок 2,а – Вплив гібридної системи ІВОС на гібридну систему ІВОС при частотному рознесенні 0 кГц

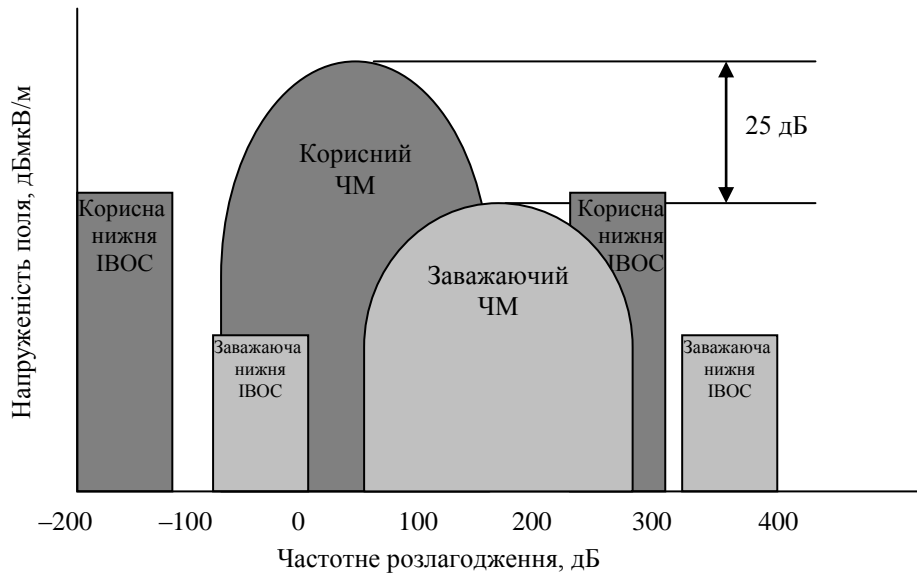


Рисунок 2,б – Вплив гібридної системи ІВОС на гібридну систему ІВОС при частотному рознесенні 100 кГц

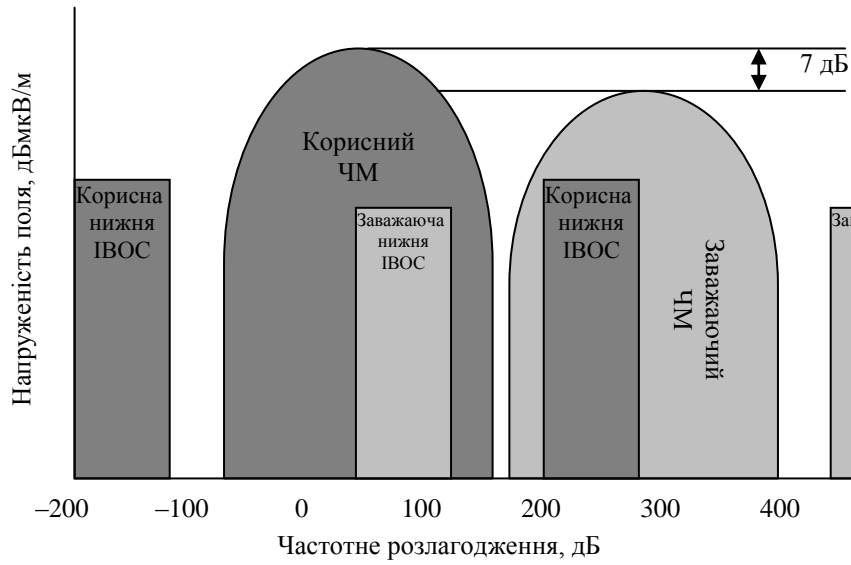


Рисунок 2,в – Вплив гібридної системи ІВОС на гібридну систему ІВОС при частотному рознесенні 200 кГц

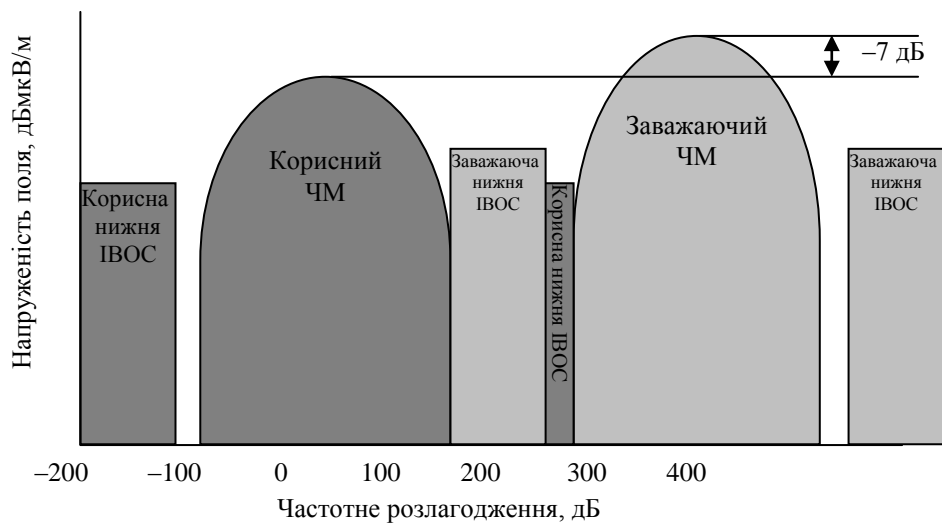


Рисунок 2,г – Вплив гібридної системи ІВОС на гібридну систему ІВОС при частотному рознесенні 300 кГц

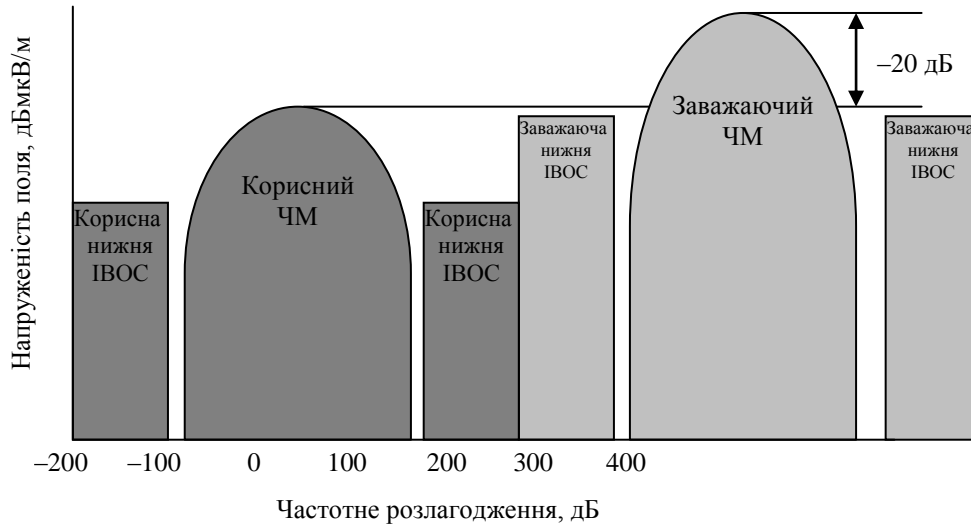


Рисунок 2,д – Вплив гібридної системи ІВОС на гібридну систему ІВОС при частотному рознесенні 400 кГц

Побудова норм ЧТР повинна дати відповідь на питання, чи буде потрібне виділення або прорахунок нових частотних присвоєнь при впровадженні HD-Radio в смузі частот 87,5 – 108 МГц. Для цього необхідно порівняти існуючі норми ЧТР для випадку впливу аналогового звукового мовлення на аналогове та розраховані норми для випадків впливу аналог-цифра, цифра-аналог, цифра-цифра. Тобто, для кожного частотного рознесення необхідно перевірити чи необхідно збільшувати територіальне рознесення при використанні цифрового звукового мовлення в порівнянні з використанням тільки аналогового мовлення.

Порівняння частотних рознесень для всіх випадків, відповідно до рис. 2,а – 2,д, представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Співставлення частотних рознесень для випадків аналог-аналог, аналог-цифра, цифра-аналог, цифра-цифра

Випадок	dF, кГц				
	0	100	200	300	400
Заважуючий FM – Корисний FM	0	100	200	300	400
Заважуючий FM – Корисний ІВОС	164	64	36	136	236
Заважуючий ІВОС – Корисний FM	164	64	36	136	236
Заважуючий ІВОС – Корисний ІВОС	0	100	128	28	72

Захисні співвідношення для захисту аналогового сигналу представлені в [4], а для захисту цифрового в [5].

Таблиця 2 – Значення допустимої напруженості поля завади

		Радіомовна система, що захищається				
		Аналогове звукове мовлення FM				
	Частотне рознесення між аналоговими носійними, кГц	0	100	200	300	400
	Медіана корисна напруженість поля на висоті 10 м для 50 % покриття, дБ(мкВ/м)	54				
Заважаюча система						
Аналогове звукове мовлення FM	Захисне співвідношення	37	18	7	-7	-20
	Комбінований поправочний коефіцієнт на місцеположення, дБ	0				
	Допустима напруженість поля завади, дБ	17	36	47	61	74
		Радіомовна система, що захищається				
		Аналогове звукове мовлення FM				
	Частотне рознесення між аналоговими носійними, кГц	0	100	200	300	400
	Частотне рознесення між цифровими носійними, кГц	164	64	36	136	236
	Медіана корисна напруженість поля на висоті 10 м для 50 % покриття, дБ(мкВ/м)	54				
Заважаюча система						
Цифрове звукове мовлення HD	Захисне співвідношення	11	27	43	15	0
	Комбінований поправочний коефіцієнт на місцеположення, дБ	0				
	Допустима напруженість поля завади, дБ	43	27	11	39	54
		Радіомовна система, що захищається				
		Цифрове звукове мовлення HD				
	Частотне рознесення між аналоговими носійними, кГц	0	100	200	300	400

	Частотне рознесення між цифровими носійними, кГц	164	64	36	136	236
	Медіана корисна напруженість поля на висоті 10 м для 50 % покриття, дБ (мкВ/м)	54				
Заважаюча система						
Аналогове звукове мовлення FM	Захисне співвідношення	-40	1	3	-23	-40
	Комбінований поправочний коефіцієнт на місцеположення, дБ	18				
	Допустима напруженість поля завади, дБ	76	35	33	59	76
		Радіомовна система, що захищається				
		Цифрове звукове мовлення HD				
	Частотне рознесення між аналоговими носійними, кГц	0	100	200	300	400
	Частотне рознесення між аналоговою та цифровою носійними, кГц	0	100	128	28	72
	Медіана корисна напруженість поля на висоті 10 м для 50 % покриття, дБ(мкВ/м)	54				
Заважаюча система						
Цифрове звукове мовлення HD	Захисне співвідношення	3	-25	-30	3	-20
	Комбінований поправочний коефіцієнт на місцеположення, дБ	18				
	Допустима напруженість поля завади, дБ	33	61	66	33	56

Таблиця 3 – Координаційні відстані при частотних рознесеннях відносно випадку аналог-аналог

Випадок	ЕВП, дБВт	h _{эф} , м	Координаційні відстані, км				
			Частотне рознесення, кГц				
			0	100	200	300	400
Заважаючий FM – Ко- рисний FM	30	37,5	224,87	60,24	28,08	11,77	4,98
		75	237,69	75,73	37,47	16,48	6,91
		150	255,44	94,36	49,09	23,32	10,05
		300	278,13	117,37	64,44	33,01	15,18
	40	37,5	324,30	140,14	55,59	21,89	9,74
		75	337,74	155,04	70,34	29,79	13,66
		150	356,54	173,44	88,27	39,91	19,58
		300	380,75	195,93	110,80	53,22	28,21
Заважаючий FM – Ко- рисний ІВОС	30	37,5	4,32	65,52	78,28	13,35	4,32
		75	5,96	81,71	95,47	18,63	5,96
		150	8,64	100,93	115,33	26,12	8,64
		300	13,10	124,25	138,91	36,47	13,10
	40	37,5	8,56	149,56	168,34	24,77	8,56
		75	12,01	164,06	182,22	33,40	12,01
		150	17,31	182,23	200,07	44,24	17,31
		300	25,28	204,49	222,24	58,50	25,28
Заважаючий ІВОС – Корисний FM	10	37,5	10,37	28,08	94,04	13,35	4,98
		75	14,55	37,47	111,27	18,63	6,91
		150	20,76	49,09	131,09	26,12	10,04
		300	29,79	64,44	154,41	36,47	15,18
	20	37,5	19,35	55,59	187,08	24,77	9,73
		75	26,54	70,34	200,55	33,40	13,65
		150	36,00	88,27	217,98	44,24	19,58
		300	48,47	110,80	240,27	58,50	28,21
Заважаючий ІВОС – Корисний ІВОС	10	37,5	19,35	2,98	2,01	19,35	4,31
		75	26,54	4,04	2,67	26,54	5,96
		150	36,00	5,78	3,75	36,00	8,63
		300	48,48	8,72	5,54	48,48	13,09
	20	37,5	36,29	6,13	4,31	36,29	8,55
		75	47,40	8,56	5,95	47,40	12,00
		150	61,00	12,44	8,63	61,00	17,31
		300	79,07	18,64	13,09	79,07	25,28

При аналізі враховувалося, що рівень цифрових піднесівних на 20 дБ нижче, ніж номінальний рівень несівної аналогового FM коливання [6]. Розрахунок норм ЧТР проводився у відповідності до [7].

Значення допустимої напруженості поля завади для усіх випадків представлені в таблиці 2.

Координаційні відстані при частотних рознесеннях відносно рознесення аналог-аналог для усіх випадків наведено в таблиці 3. На рисунку 3 представлені залежності територіального рознесення відносно випадку аналог-аналог для одного з випадків суходільної траси ($E\Pi_{FM} = 35$ дБВт, $E\Pi_{HD} = 15$ дБВт, $h_{1ef} = 150$ м).

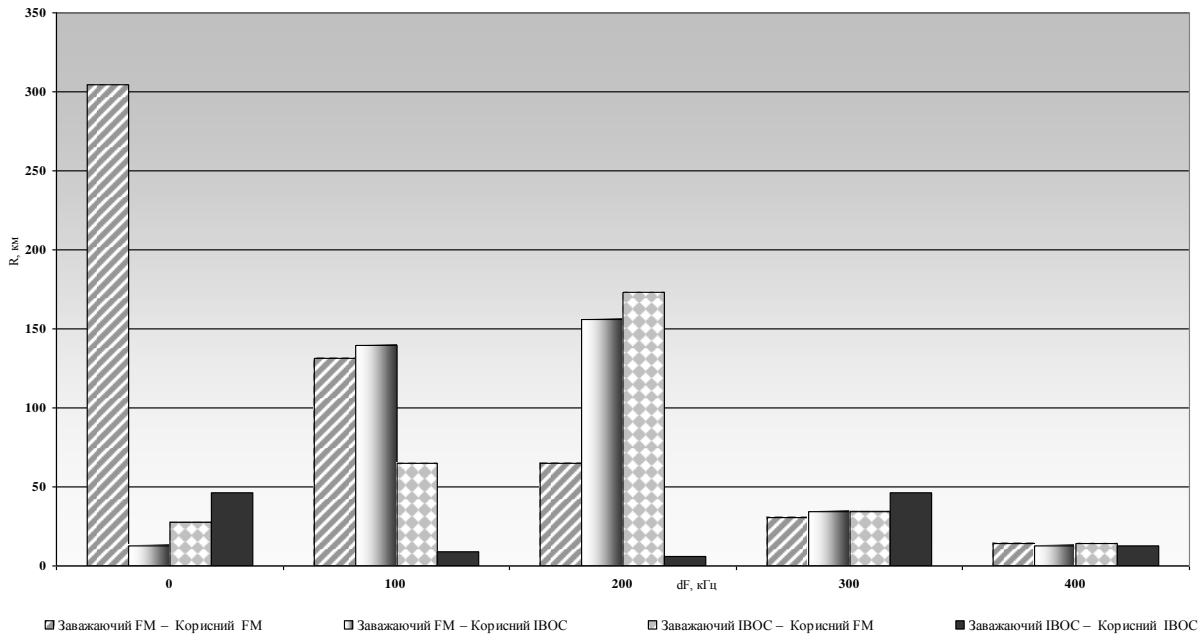


Рисунок 3 – Координаційні відстані при частотних рознесеннях відносно випадку аналог-аналог для суходільних трас ($E\Pi_{FM} = 35$ дБВт, $E\Pi_{HD} = 15$ дБВт, $h_{1ef} = 150$ м)

ВИСНОВКИ

1. Використання HD-Radio потребує деякого перепланування діапазону 87,5 – 108 МГц, а також додаткову координацію частотних присвоєнь тих станцій, які знаходяться на кордоні України з іншими країнами;

2. Використання HD-Radio, при рознесенні 0 кГц та 400 кГц між носійними аналогових ДВЧ ЧМ станцій, не потребує збільшення територіального рознесення. Тобто у більшості міст України, де мовлення ведеться з однієї телевежі з частотним рознесенням 400 кГц, використання гібридної HD-радіотехнології не потребує додаткового виділення спектру або перепланування діапазону 87,5 – 108 МГц;

3. При частотному рознесенні 100 кГц між аналоговими носійними існуючого територіального рознесення може виявитися не достатньо через наявність завади від аналогового заважаючого сигналу на корисний цифровий сигнал. Але така завада істотно компенсується за рахунок розробленої системи відомої як «Погашення першого суміжного каналу» («FAC» – First-Adjacent Cancellation);

4. При частотному рознесенні 300 кГц між аналоговими носійними існуючого територіального рознесення може виявитися недостатньо через наявність завади від цифрового заважаючого сигналу на корисний цифровий сигнал. Зокрема, накладення сигналів приведе до

втрати 40 кГц із початкової кількості 70 кГц на кожній зі сторін. Однак використання кодового захисту FEC (Forward Error Correction) дозволяє це погіршення звести до мінімуму;

5. Найбільш небезпечним є випадок, при якому частотне рознесення складає 200 кГц. При такому частотному рознесенні існуючого територіального рознесення буде явно недостатньо. Для нормальної роботи при впливі аналогового сигналу на цифровий необхідно збільшити існуюче територіальне рознесення приблизно в 2,5 рази, а в при впливі цифрового сигналу на аналоговий – в 3 рази.

Література

- 1 Закон України "Про радіочастотний ресурс України", документ 1770-14, остання редакція від 01.01.2008.
- 2 Маковецько Д.О., Норми частотно-територіального рознесення при впровадженні звукового мовлення на основі гібридної системи HD-Radio у смузі частот 87,5 – 108 МГц. // Праці УНДІРТ. – 2008. – №2 (54). – 22 – 27.
- 3 ITU-R Document 6E/22 Digital system C – System description. United States of America, 2000.
- 4 Recommendation ITU-R BS.412-9. Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF.
- 5 HD Radio Performance & ITU-R 412-9 Compatibility Rev. 01 July 17, 2007.
- 6 Recommendation ITU-R BS.1114-5. Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz.
- 7 Рекомендация МСЭ-Р Р.1546-3 "Метод прогнозирования для трасс "точка-зона" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц", г. Женева, 2007