

УДК 621.397.27:621.396.2

DOI: 10.31673/2412-9070.2026.044803

О. О. БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент, начальник відділу радіомовної служби департаменту радіослужби;

ORCID: 0009-0000-1630-7646

Ю. А. МАСЛЮК, провідний інженер сектору телебачення відділу радіомовної служби,

ORCID: 0009-0004-2710-1714

Державне підприємство «Український державний центр радіочастот», Київ

КОНЦЕПЦІЯ ЧАСТОТНОГО ПЛАНУВАННЯ ЗАГАЛЬНОНАЦІОНАЛЬНИХ МЕРЕЖ ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МОВЛЕННЯ

30 річний досвід діяльності державного підприємства Український державний центр радіочастот (УДЦР) наочно показав наскільки актуальною є проблема забезпечення частотами еволюції телебачення України на новітні стандарти цифрового мовлення. В статті наведено основні концептуальні засади вирішення зазначеного питання, етапи та результати підготовки до прийняття та подальшої реалізації плану цифрового мовлення на регіональному рівні, а також наведено практичні результати частотного планування загальнонаціональних мереж цифрового телебачення України. Найважливішим результатом частотного планування є те, що фактично за рік в 2012 році в Україні в експлуатацію було введено 100% передавачів 4 загальнонаціональних телемереж. Таких темпів впровадження телебачення в найновітнішому на той час стандарті DVB-T2/MPEG-4 не мала жодна з країн Європи. Унікальність ситуації полягала ще в тому, що фактично Україна переступила цілий історичний етап побудови телемереж в стандарті DVB-T/MPEG-2/4, через який пройшли провідні країни Європи і через який деякі з них дотепер проводять модернізації своїх телемереж до стандарту DVB-T2/MPEG-4. На основі аналізу результатів планування підготовлено попередній прогноз щодо формування новітньої концепції частотного планування на середньо- та довгострокову перспективу з попередньою аналітичною оцінкою теоретично можливої кількості загальнонаціональних мереж цифрового телебачення, на які Україна може орієнтуватися в майбутніх десятиліттях. Як наслідок, в перспективі досить актуально постане питання частотного перепланування та модернізації задіяних телемереж, орієнтуючись на поєднання в них передавачів DVB-T2 з кодеками 2-го покоління.

Ключові слова: радіочастотний спектр, смуга радіочастот, стандарти телебачення, цифрове наземне телевізійне мовлення, частотний план, цифрове телерадіомовлення.

Вступ

Понад 40 років розвиток телебачення в Європі та Україні відбувався в стандарті аналогового телевізійного мовлення (АТВМ) відповідно до Угоди «Стокгольм-61» за рахунок того, що АТВМ були призначені спеціальні смуги частот 48,5 - 56,5 МГц (1 ТВ канал – далі ТВк), 58 - 66 МГц (2 ТВк), 76-84 МГц (3 ТВк), 84-100 МГц (4-5 ТВк), 174-230 МГц (5-12 ТВк), 470-862 МГц (21-69 ТВк). З середини 90-х років минулого століття інтенсивний розвиток радіотехнології цифрового наземного телевізійного мовлення (ЦНТВМ) та підходів до її запровадження відкрили можливість переходу від однопрограмного АТВМ (1 частотний ТВк зі смугою 8 МГц = 1 телепрограма) до багатопрограмного (від 4 до 10 телепрограм стандартної чіткості ЦНТВМ на 1-му частотному ТВк смугою 8 МГц). Основним засадам теорії та практики частотного планування та вкладу, який за 30 років фахівці УДЦР внесли в забезпечення частотами загальнонаціональних мереж ЦНТВМ, і присвячена дана стаття.

© Бондаренко О. О., Маслюк Ю. А., 2026

Постановка проблеми. Частотне планування та підбір присвоєнь радіочастот для загальнонаціональних мереж мовлення це надзвичайно складна та наукоємна проблема, яка поширюється на частотні інтереси не тільки країни, де безпосередньо планується застосування мережі, а й сусідніх країн, які за наслідками її реалізації прогнозовано будуть отримувати ті чи інші завади (постійні, тропосферні і т. д.) та, як наслідок, мати певні обмеження доступу до радіочастотного спектру на певній частоті та/або частині території. Через надзвичайно великі потужності передавачів АТВМ (до 50 кВт) та ЦНТВМ (до 10 кВт) завади можуть поширюватись на сотні кілометрів, а тому частотне планування мереж потребує складних багатоітераційних розрахунків електромагнітної сумісності (ЕМС) для підбору конкретного (доступного) номіналу частоти та позитивних результатів міжнародної координації всіх технічних характеристик мережі запланованої до використання. Для вирішення проблем частотного планування, як правило, Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) проводить Регіональні конференції радіозв'язку (РКР), на яких приймаються відповідні Угоди (з технічними засадами частотного планування) та, як додаток до угоди, частотний план з переліком записів частот для кожної з країн, що фіксує надання їм відповідного міжнародно-правового статусу. За результатами ратифікації угод адміністрації зв'язку (АЗ) країн-учасниць беруть на себе адміністративні зобов'язання щодо дотримання вимог угоди та процедур внесення змін до Плану. Наскільки ефективно будуть використанні ті чи інші планові частоти залежить від компетенції та наукового потенціалу уповноважених організацій, до числа яких в Україні входить УДЦР.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На початку розвитку телебачення його частотне планування загальнонаціональних мереж носило емпіричний характер. Сутність концепції такого планування зводилась до послідовного перебору незайнятих або "умовно вільних" частот/телевізійних каналів (ТВк) для присвоєння радіочастот десяткам, а інколи і сотням телепередавачів, які мають забезпечити доступ населення до відповідної телепрограми на всій території країни. Історично сформована в Україні (як і у всіх країнах, що входили в Міжнародну Організацію Радіомовлення і Телебачення - ОІРТ) структура телебачення являла собою сукупність телемереж, розрахованих за емпіричним методом частотного планування.

Хаотичне планування, відсутність концепції розвитку та єдиних підходів до планування АТВМ, в тому числі в частині використання частот, зумовили необхідність скликання в 1961 році регіональної конференції радіозв'язку країн Європи та прийняття Угоди «Стокгольм-61» з частотного планування АТВМ. Для розробки частотного плану телебачення було використано метод частотного планування однорідних мереж, в основу побудови яких закладені два принципи: геометрично правильна (рівномірна) ромбічна сітка та лінійна схема розподілу частот/ТВк. Після перегляду в 2006 році Угода має статус чинної [2].

З початком впровадження ЦНТВМ в Європі у 1997 році було прийнято Багатосторонню координаційну Угоду по технічним критеріям, координаційним принципам та процедурам впровадження ЦНТВМ стандарту DVB-T «Честер-97» [1], яка була орієнтована на частотне планування присвоєнь радіочастот, без прийняття частотного Плану ЦНТВМ. У 2006 році, після багаторічних наукових та практичних досліджень, а також проведення ряду пробних регіональних планувань ЦНТВМ було прийнято Угоду «Женева - 06» та відповідні частотні Плани, концепція створення яких базувалася на плануванні частотних виділень/присвоєнь відповідно до вхідних вимог АЗ щодо їх частотного планування під егідою МСЕ.

Як результат аналізу джерел, слід виокремити ряд раніше невирішених частин загальної проблеми частотного планування мереж ЦНТВМ, яким і присвячена стаття:

- оцінка результатів частотного планування в умовах обмежень доступу до спектру;
- оптимізація розподілу частотного ресурсу для розвитку загальнонаціональних мереж.

Мета і задачі дослідження. Аналіз історичного досвіду частотного планування загальнонаціональних телемереж та формування на його підставі оновленої концепції частотного планування мереж ЦНТВМ з урахуванням технічних можливостей найновітніших стандартів ЦНТВМ та діючих спектральних обмежень на доступність частот.

Результати досліджень

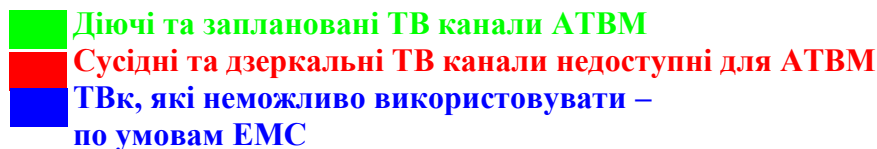
1. Початок планування цифрового телевізійного мовлення в Україні

Стартовим моментом початку планування ЦНТВМ в Європі стало прийняття Багатосторонньої координаційної Угоди по технічним критеріям, координаційним принципам та процедурам впровадження ЦНТВМ стандарту DVB-T "Честер-97" [1]. На відміну від інших багатосторонніх координаційних угод, Угода «Честер-97» була прийнята без частотного плану ЦНТВМ. Це було пов'язано з тим, що розвиток ЦНТВМ передбачався в III, IV та V теледіапазонах, які інтенсивно використовувалися АТВМ. Тоді, відповідно до Резолюції 5 Угоди "Честер-97" з метою підготовки до розробки європейського частотного плану ЦНТВМ, АЗ надали до Європейського бюро радіозв'язку (ЄБР) відомості про технічні характеристики своїх задіяних/запланованих станцій АТВМ. Аналіз ЄБР цих даних показав, що в Європі на дату створення еталонної ситуації нараховувалось понад 88000 станцій. В Україні їх було 1300 і з року в рік їх число невпинно зростало у зв'язку з початком інтенсивного розвитку комерційного телемовлення. Завантаженість ТВк станціями АТВМ показала наявність ряду відмінностей у використанні частот в Україні порівняно з країнами Європи. Зокрема, вони стосувалися інтенсивного використання нижніх (1-12) ТВк та низької завантаженості верхніх (45 - 69) ТВк. Останнє було пов'язано з тим, що в Україні у смугах 654-686 МГц, 726-758 МГц та 766-862 МГц на первинній основі працювали РЕЗ спеціальних користувачів.

Аналіз завантаженості ТВк в м. Київ у 2001 році показав (рис. 1), що на той час в Києві були відсутні ТВк, доступні для розвитку АТВМ, проте відповідно до рекомендацій МСЕ та європейського досвіду впровадження ЦНТВМ відкрилась можливість використання сусідніх та дзеркальних ТВк АТВМ для тестування ЦНТВМ.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12;

21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44*, 45*, 46*, 47*, 48, 49, 50, 51, 52, 53*, 54*, 55*, 56*, 57, 58, 59*, 60* – 69*



* ТВ канали розподіленні іншим службам

Рис. 1. Завантаженість ТВ каналів в м. Києві станом на 2001 рік

За результатами аналізу результатів розрахунків ЕМС фахівці УДЦР дійшли висновку, що при певних умовах в м. Києві для ЦНТВМ можуть бути рекомендовані 23 та 51 ТВк. За результатами проведення міжнародної координації Україна отримала згоду на використання в м. Києві для ЦНТВМ 51 ТВк (рис. 2). Він отримав статус першого в історії України присвоєння радіочастоти, призначеного для дослідження ЦНТВМ.

Цифровий передавач 51 ТВк почав досліджуватися в експериментальній зоні м. Київ з ефективною потужністю (ЕВП) 33 дБВт сумісно з аналоговими передавачами 50 та 52 ТВк з ЕВП 43 дБВт. Передавач був вироблений національним виробником і працював з наступними параметрами модуляції:

- тип модуляції несучих - 64-QAM;
 - розмір масиву OFDM - 8K;
 - захисний інтервал (Guard interval) - 1/32.
 - відносна швидкість кодування (FEC – Forward Error Correction) - 2/3;
 - сумарна швидкість транспортного потоку - 24.13 Мбит/с,
- що забезпечувало трансляцію 5 телевізійних та 1 радіопрограми.

Антенна була встановлена на Київській телевежі на висоті 239 метрів. Дослідження показали, станція ЦНТВМ забезпечувала досить велику зону покриття (до 80 км) при меншій (600 Вт) у порівнянні з АТВМ на 50 і 52 ТВк (10 кВт) потужності передавача (рис. 3). Однак для

усунення завад сусіднім аналоговим ТВк знадобився додатковий шестирезонаторний смуговий фільтр. За результатами дослідної експлуатації на початку 2004 року УДЦР надав Державному комітету зв'язку та інформатизації України (ДКЗІ) 3 рекомендації (№ ТВ-13120658, ТВ-13510880, ТВ-13120658) для створення дослідних зон ЦНТВМ в містах: Київ на 51 ТВк з підвищеною до 1 кВт потужністю (ЕВП 40 дБВт), Дніпропетровськ на 22 ТВк з потужністю 0,5 кВт (ЕВП 30 дБВт) та Одеса 35 ТВк з потужністю 0,5 кВт (ЕВП 30 дБВт).

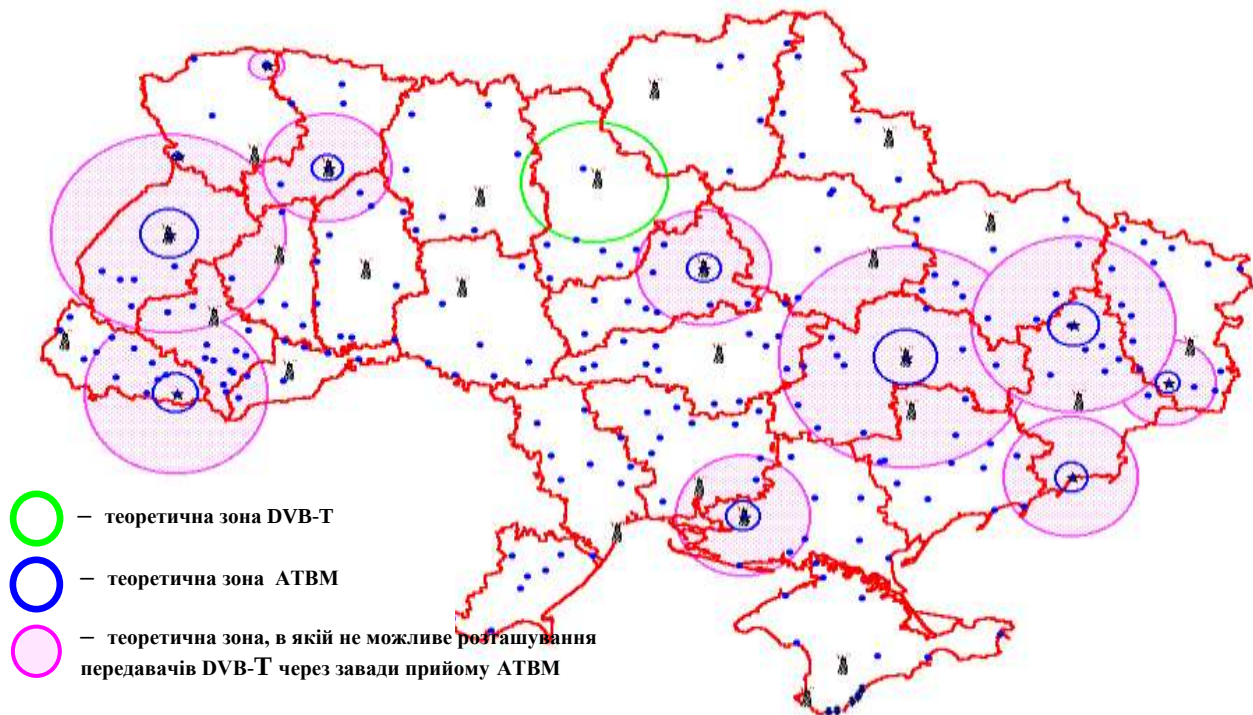


Рис. 2. Результати розрахунків ЕМС передавачів ATBM і ЦНТВМ на 51 ТВк

2. Пробне частотне планування цифрового телебачення

Починаючи з 1998 року на адреси АЗ України та сусідніх країн на координацію почали надходити частотні плани від сусідніх АЗ, в які не залежно одна від одної АЗ включали частотні ТВк у всій смузі частот 470-862 МГц. Хаотичне планування, відсутність концепції розвитку та єдиних підходів до планування ЦНТВМ, в тому числі в частині використання частот, зумовили необхідність проведення багатосторонніх координаційних зустрічей технічних експертів країн, зацікавлених у вирішенні проблеми частотного планування.

Багатосторонні зустрічі технічних експертів АЗ України, країн Балтії та Східної Європи щодо принципів регіонального частотного планування ЦНТВМ почали проводитися з 1999 року. В цілому, в рамках проведення пробного регіонального планування відбулося сім багатосторонніх зустрічей. Віддаючи данину історії співробітництва та важливість кожної зустрічі, варто відзначити кожен з них та досягнуті на них домовленості.

Перша зустріч відбулася в січні 1999 року в м. Друскінінкай, Литва. Зустріч сприяла створенню регіональної групи, котра об'єднала технічних експертів АЗ: Болгарії, Республіки Білорусь, Угорщини, Республіки Латвія, Республіка Литва, Республіки Молдова, Польща, Російської Федерації, Республіки Словаччина, Румунії, Туреччини, Республіка Естонія, Фінляндія, Швеції й України. За результатами зустрічі були досягнуті домовленості про тимчасове утримання від взаємної координації присвоєнь радіочастот цифровим станціям до прийняття узгоджених принципів і методів розподілу ТВк для ЦНТВМ, а також про необхідність розробки регіонального плану ЦНТВМ у смузі частот 790-862 МГц (61-69 ТВк). З урахуванням географічного положення України та за побажанням більшості адміністрацій АЗ України було доручено проводити координаційну діяльність по питанням розробки перспективних частотних планів для цифрового телебачення.

Друга зустріч відбулася в березні 1999 року у м. Вроцлав, Польща. Зустріч затвердила звіт "Проблеми планування одночастотних (SFN) мереж DVB-T" та підготувала прогресивне на той час звертання до проєктної групи FM PT24 СЕПТ про доцільність планування у смузі 790-862 МГц (61-69 ТВк) частотних виділень (а не присвоєнь частот) для SFN мереж DVB-T.

Третя зустріч відбулася в лютому 2000 року в м. Києві. На зустрічі були розроблені та прийняті принципи і технічні критерії планування SFN мереж DVB-T. Частково почалось обговорюватись питання планування ЦНТВМ в смузі 470-790 МГц.

Четверта зустріч відбулася в червні 2000 року, м. Вільнюс, Литва. На ній було проведено аналіз розподілу територій зацікавлених АЗ на зони планування SFN мереж DVB-T. Одночасно було розглянуто та затверджено програмне забезпечення планування частотних виділень для SFN DVB-T, яке було розроблене в Литві. Завдяки його застосуванню було проведено розробку декількох варіантів регіонального плану SFN мереж, проаналізовано отримані результати та запропоновано АЗ надати свої коментарі на адресу АЗ України до 01.08.2000 року.

Чергова зустріч, яка була запланована на вересень 2000 року, не відбулася по різних причинах (зокрема, відповіді надійшли лише від трьох АЗ). Подальші зустрічі з даного питання не проводились. Причини цього полягали в тому, що стратегію впровадження ЦНТВМ суттєво змінили прийняті в 2001 році Резолюції Ради МСЄ №1185 (Про проведення Регіональної Конференції Радіозв'язку (РКР-04/06) по перегляду Європейської Угоди, Стокгольм, 1961, в діапазонах частот 174-230 МГц та 470-862 МГц) та Резолюції №1180 (Про розширення та об'єднання зон планування угоди «Стокгольм-61» (ST61) та Женева-89 (GE89)). У подальшому Повноважна Конференція Марракеш-2002 також розглянула це питання та вирішила розширити зону планування на території країн, які не охоплені або лише частково охоплені Угодами ST61 і GE89: Вірменія, Азербайджан, Грузія, Казахстан, Киргизстан, РФ (частина території на захід від східної довготи 170°), Таджикистан, Туркменістан й Узбекистан (Резолюція COM5/3, Марракеш-2002). Як наслідок, зона планування розширювалась на ті частини Регіону 1, які розташовані на захід від 170° східного меридіану та на північ від 40° південної паралелі, а також повністю територію Ірану.

П'ята зустріч. Приймаючи до уваги положення Резолюції МСЄ №1185 та №1180 в листопаді 2001 році в м. Київ АЗ України провела п'яту Багатосторонню зустріч технічних експертів АЗ Балтії та Східної Європи. Учасники зустрічі вирішили за доцільне для формування узгодженого підходу до питань планування та координації цифрового телерадіомовлення стандартів DVB-T [5] та T-DAB [6] створити субрегіональну робочу групу технічних експертів від 16 АЗ на базі групи, створеної в 1999 р. в Друскінінкай (Литва), та створеної Комісією РСЗ від 28 лютого 2001 року. Першочерговими завданнями групи стали:

- завершення розробки проєкту плану (координаційної угоди), підготовленого технічними експертами АЗ Литви для ЦНТВМ стандарту DVB-T в діапазоні 790-862 МГц (61-69 ТВк);
- розробка узгоджених підходів до планування та координації станцій цифрового мовлення (DVB-T і T-DAB) в діапазонах III, IV, V з врахуванням особливостей використання радіочастотного спектру (РЧС) в субрегіоні.

Шоста зустріч відбулася в серпні 2002 році в м. Ніда, Литва. На момент проведення зустрічі програмне забезпечення враховувало особливості розповсюдження радіохвиль над "холодним" море та відповідало необхідним умовам розробки частини регіонального плану ЦНТВМ. Це дозволило розробити План частотних виділень для DVB-T у смузі радіочастот 61-69 ТВ каналів для країн Балтії і деяких суміжних країн та підписати Регіональну багатосторонню угоду «Ніда-2002». Згідно Угоди Україна отримала частотні виділення у смузі частот 61-69 ТВк для кожної із 55 своїх зон частотного планування ЦНТВМ. І це був перший в історії регіональний план частотних виділень для ряду країн Європи, розроблений без залучення Бюро радіозв'язку та програмного забезпечення МСЄ.

Сьома зустріч відбулася в Києві у березні 2003 року. На момент проведення зустрічі програмне забезпечення дозволяло враховувати особливості розповсюдження радіохвиль над "теплим" море та враховувало вимоги ряду АЗ по зменшенню розмірів зон планування. Зустріч

знаменна тим, що вона підвела підсумок черговому етапу плідної багаторічної роботи субрегіональної групи. Вона забезпечила розробку Регіонального Плану частотних виділень для ЦНТБМ у смугах частот 790-862 МГц (61-69 ТВ канали) для всіх країн Чорноморського регіону, з огляду на підписану Регіональну угоду та План частотних виділень «Ніда-2002».

Досвід сумісної роботи технічних експертів АЗ України та країн Балтії і Східної Європи на прикладі пробного планування ЦНТБМ у смузі частот 61-69 ТВк показав принципову можливість вирішення складних науково-технічних задач частотного планування на регіональному рівні. Технічні експерти отримали неоціненний досвід частотного планування виділень, замість класичного планування набору присвоєнь радіочастот для мереж DVB-T на відповідній території. Проте нестача доступних частот/ТВк для поточного і перспективного планування ЦНТБМ змусила технічних експертів країн Європи шукати нові узгоджені підходи до вирішення зазначеної проблеми.

3. Підготовка даних для Регіональної конференції радіозв'язку

Керуючись вимогами Резолюції СОМ5/1 Першої сесії РКР (РКР-04), в частині, яка регламентувала розробку в рамках МСЕ проєкту Плану цифрової наземної радіомовної служби (ЦНРС) для частини Районів 1 і 3 в смугах частот 174 - 230 МГц, 470 - 862 МГц, УДЦР провів велику кількість міжнародних заходів, які були спрямовані на забезпечення необхідних Україні результатів планування. Зокрема, було проведено понад 10 двосторонніх та 2 багатосторонніх зустрічі з питань взаємного узгодження вхідних вимог/даних АЗ України до Другої сесії РКР (РКР-06). Важливі двосторонні погодження були досягнуті з усіма АЗ сусідніх країн. Найбільш успішно пройшли зустрічі:

Україна – Білорусія, м. Київ, 06-10.06.2005;

Україна – Польща, м. Варшава, 20-21.06.2005 та м. Будапешт, 03.08.2005;

Україна – Угорщина, м. Будапешт, 02-03.08.2005;

Україна – Румунія, м. Будапешт, 31.08-01.09.2005;

Україна – Словаччина, м. Будапешт, 02.08.2005;

Україна – РФ, м. Київ, 03.06.2005.

За результатами Багатосторонньої зустрічі технічних експертів АЗ Чорноморського регіону з координації заявок ЦНРС (Київ, 30.05-03.06.2005) та Багатосторонньої зустрічі технічних експертів АЗ Чорноморського, Балтійського та Каспійського регіонів (Київ, 10-19.10.2005), було забезпечене багатостороннє узгодження цифрових вимог України з вхідними вимогами АЗ сусідніх країн для розробки в рамках МСЕ проєкту Плану ЦНРС.

На всіх етапах підготовки до планування в рамках МСЕ, УДЦР своєчасно та в повному обсязі надавав в електронних форматах до Бюро радіозв'язку МСЕ вхідні вимоги/дані України щодо планування ЦНРС. Окрім цього, за результатами аналізу технічної сумісності вхідних вимог/даних, в електронному форматі надавались пропозиції щодо представлення в Бюро радіозв'язку МСЕ адміністративних декларацій про сумісність цифрових радіомовних вимог/даних [14], [17]. Складність та масштабність розробки проєкту Плану ЦНРС в рамках МСЕ наглядно підтверджує факт, що тільки для забезпечення одного з етапів пробного планування УДЦР надав ДКЗІ пропозиції щодо направлення до Бюро радіозв'язку понад 32 000 адміністративних декларацій у відношенні сумісності цифрових вимог України з цифровими вимогами 14 АЗ сусідніх країн. Запропоновані декларації дозволили зняти ряд технічних несумісностей на етапі аналізу Бюро радіозв'язку вхідних вимог/даних та сприяли відтворенню національного проєкту Плану ЦНРС України у проєкті Плану ЦНРС МСЕ.

Вхідні вимоги для пробного планування та перелік присвоєнь радіочастот АТБМ України, які повинні були бути прийняті до уваги для захисту, при прийнятті Угоди [14], [17].

4. Науково-технічне забезпечення планування цифрового мовлення

З метою наукового забезпечення робіт з частотного планування, погодження вхідних вимог та досягнення прийнятних результатів планування на РКР-06, в ході синтезу проєкту Плану ЦНРС України УДЦР за замовлення ДКЗІ та УНДІРТ виконав 5 НДР щодо підготовки

АЗ України до РКР-04/06. Науковим керівником НДР [13] – [18] був кандидат технічних наук, доцент Бондаренко О. О.

За результатами НДР [13] – [17] було визначено, що розробка проєкту Плану ЦНРС на РКР-06 повинна ґрунтуватись на наступних підходах:

1. Проєкт Плану та Фінальний План ЦНРС повинні розроблятись на основі принципу рівноправного доступу до спектру. В якості критерію рівноправного доступу доцільно використовувати співвідношення кількості номіналів частот до площі країни. Подібний принцип застосовувався при розробці Планів «Стокгольм-61» та «Женева-84» шляхом використання рівномірної ромбічної сітки.

2. Весь спектр смуги 174-230 МГц, 470-862 МГц, в тому числі й той, що на первинній основі використовується РЕЗ інших первинних служб, відмінних від радіомовної, повинен бути доступним для синтезу Плану.

3. При розробці проєкту національного та фінального Плану ЦНРС існуючі та заплановані присвоєння АТВМ смуги частот 174-230 МГц, 470-862 МГц не повинні прийматись до уваги в процесі планування.

4. План DVB-T та T-DAB в смузі частот 174-230 МГц повинен розроблятись, виходячи з 7 МГц спектральної маски сигналу DVB-T.

5. У зонах, що знаходяться поблизу Чорного моря та в прикордонних зонах кількість шарів покриття повинна регулюватись між АЗ в залежності від:

- ширини доступної для планування смуги частот;
- кількості покриттів, на одиницю території, яка повинна бути покрита;
- якості прийому (C/I, C/N, захисне відношення, щільність потоку потужності/мінімальна напруженість поля, що захищається);
- відсотку місць та часу для яких має забезпечуватись необхідний прийом;
- типу прийому: фіксований, мобільний, портативний;
- інших критеріїв, які є важливими для розробки Плану.

6. Існуючі та заплановані присвоєння АТВМ в смузі 174-230 МГц, 470-862 МГц повинні бути захищені впродовж всього терміну перехідного періоду.

7. Існуючі та заплановані присвоєння РЕЗ інших первинних служб повинні прийматись до уваги та захищатись на етапі реалізації Плану ЦНРС.

8. Термін закінчення перехідного періоду - 2015 рік.

Ці підходи найшли втілення у пропозиціях, що направлялись на погодження АЗ сусідніх країн, проєкті національного Плану ЦНРС для смуг 174 - 230 МГц, 470 - 790 МГц, а також у вхідних вимогах [17], котрі були направлені в Бюро радіозв'язку МСЕ для розробки Плану ЦНРС на РКР-06.

Для синтезу національного Плану ЦНРС, територія України була розподілена на 81 зону планування виділень (рис. 3), згідно регулярно-зонового варіанту розподілу території України [16]-[18]. Границі зон в гірських районах були проведені по хребтам гір. Розподіл ТВк та частотних блоків здійснювався між зонами, що є загальними для DVB-T та T-DAB.

Підставою для прийняття даного рішення стали: результати пробного планування МСЕ, добра відповідність регулярно-зонового варіанту вимогам до розмірів зон виділень, а також врахування в ньому географії розташування адміністративних центрів України (без прив'язки до границь областей) та місць знаходження основних опор. В середньому, розміри зон склали 110 - 140 км, що практично співпадає з відстаням повторного використання частот в зонах SFN. Форма зон є більш менш подібна до форми еталонної мережі RN 1 (RN 5), що забезпечувало розбудову загальнонаціональних та регіональних SFN мереж ЦНРС.

У березні 2006 року за ініціатииви АЗ України в рамках засідання Робочої групи СЕПТ WGRRC/PT2 по підготовці до 2-ї сесії РКР та двох коротких конференцій, пов'язаних з РКР-06 (Майнц, Германія) було створено підгрупу технічних експертів СЕПТ з координації та переговорів регіону країн Південно-східної Європи та Чорноморського басейну (CNG1_3: South East Europe / Black Sea). На РКР-06 підгрупа CNG1_3 під керівництвом Жавроцького К.Р. провела 3 етапи пробного планування, а також погодила і скоординувала фінальний частотний

План для цифрового наземного звукового мовлення (ЦНЗВМ) стандарту T-DAB та ЦНТВМ стандарту DVB-T в смузі 174-230 МГц, а також ЦНТВМ у смузі 470-862 МГц [21].



Рис. 3. Розподіл території України на 81 зону планування частотних виділень

З метою технічного забезпечення робіт з пробного планування, які необхідно було виконати в міжсесійний період, було розроблене оригінальне програмне забезпечення для аналізу вхідних вимог та планування виділень DVB-T та T-DAB. Програма усувала ряд недоліків програмного забезпечення МСЕ та дозволяла оперативно аналізувати ЕМС в межах заданої території зони планування, проводити зміни ТВк/частотних блоків T-DAB на етапі аналізу та погодження вхідних вимог, а також формувати нові вимоги в електронних форматах МСЕ. Розробник програми в подальшому залучався до розробки програмного забезпечення для Бюро радіозв'язку МСЕ в рамках Групи РХТ (Planning Exercise Team), яка була створена згідно рішення РКР-04 та здійснювала розробку проєкту плану цифрового мовлення у міжсесійний період.

Програмне забезпечення України показало свою високу ефективність та з успіхом було використано в ході дво- та багатосторонніх переговорів під час підготовки та проведення до першої (РКР-04) та другої сесії РКР (РКР-06). Зокрема технічну підтримку у розробці проєктів частотних Планів було надано делегаціям Республіки Болгарії, Грузії, Словацької Республіки та Туреччини. При цьому для АЗ Туреччини фактично було розроблено новий План для смузи 174-230 МГц та внесені зміни до Плану у смузі частот 470-862 МГц.

Завдяки результатам досліджень УДЦР та звітів про НДР щодо підготовки до РКР-04/06 [13-18] АЗ України отримала та винесла на міжнародне обговорення проєкт вхідних вимог та проєкт частотного плану на підставі яких Україна приєдналась до Міжнародної угоди «Женева - 06» щодо запровадження в країнах Європи, Азії та Африки стандартів цифрового мовлення, а також отримала для розвитку національної ЦНРС понад 800 частотних виділень.

5. Коротка характеристика плану цифрового мовлення України

20 років тому у процес заміни АТВМ на ЦНРС в смугах частот 174-230 МГц (діапазон III), 470-862 МГц (діапазон IV та V) неоціненний вклад внесла друга сесія РКР-06, яка відбу-

лась в м. Женева, Швейцарія, в період з 15.05 по 16.06.2006 року. РКР-04/06, визначили засади впровадження мереж ЦНТВМ та ЦНЗВМ стандартів DVB-T і T-DAB [3]-[8] не тільки в Європі, але і в багатьох країнах Азії, Африки та Близького Сходу. Найважливіше досягнення РКР-06 – частотний план для смуг радіочастот 174-230 МГц та 470-862 МГц (план GE06). В його складі Україна отримала аналогову частину плану GE06A з 1555 задіяними присвоєннями АТВМ та цифрову частину плану GE06D, розраховану на 81 зону та 846 частотних виділень (табл. 1) для забезпечення покриттям 95% території мобільним прийом ЦНТВМ та ЦНЗВМ. Угоду «Женева - 06» та частотні Плани, за дорученням Кабінету міністрів, від імені України підписала на тоді представник АЗ України, а нині директор ДР УДЦР Уласенко О.М.

Таблиця 1

План цифрового телерадіомовлення України

Смуга частот 174-230 МГц		Смуга частот 470-862 МГц	Всього
T-DAB	DVB-T	DVB-T	846
129	82	635	

У Плані GE06D цифровий план України забезпечував радіочастотами [21]:

- 1 суцільний шар покриття DVB-T та T-DAB у смузі частот 174-230 МГц;
- 7 і більше (до 12 для деяких зон) шарів покриттів DVB-T у смузі 470-862 МГц.

Мапи з кількістю покриттів території України мережами T-DAB і DVB-T представлені на рис. 5 (діапазон III) та рис.6 (діапазон IV і V). Різниця в кількості частот для ряду зон зумовлена, по-перше, обмеженою ємністю доступного РЧС в прикордонних областях і особливо, там де 4-5 країни мають спільні кордони чи/або коли траси розповсюдження радіохвиль проходять над теплим Чорним морем, а також бажанням кожної АЗ забезпечити максимально кількість частот в адміністративних центрах та великих містах. На підставі плану GE06D Національна рада України з питань телебачення і радіомовлення (Національна рада), Планом розвитку національного телерадіоінформаційного простору визначила наступний розподіл покриттів:

- 5 мультіплексів MX1 - MX5 для ЦНТВМ у форматі стандартної чіткості. Мультіплекс MX5 зарезервовано для регіонального та місцевого мовлення;
- від 1 до 3 мультіплексів ЦНЗВМ стандарту T-DAB у відповідних зонах.

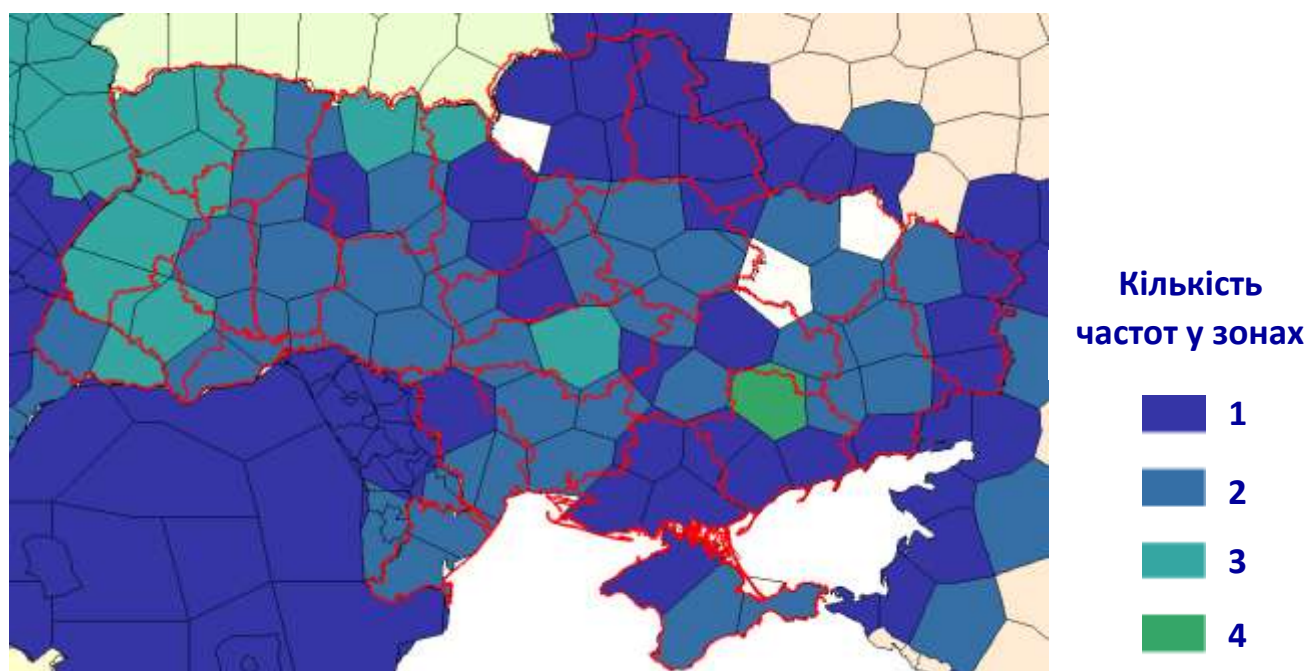


Рис. 4. Кількістю частот у зонах планування мереж T-DAB

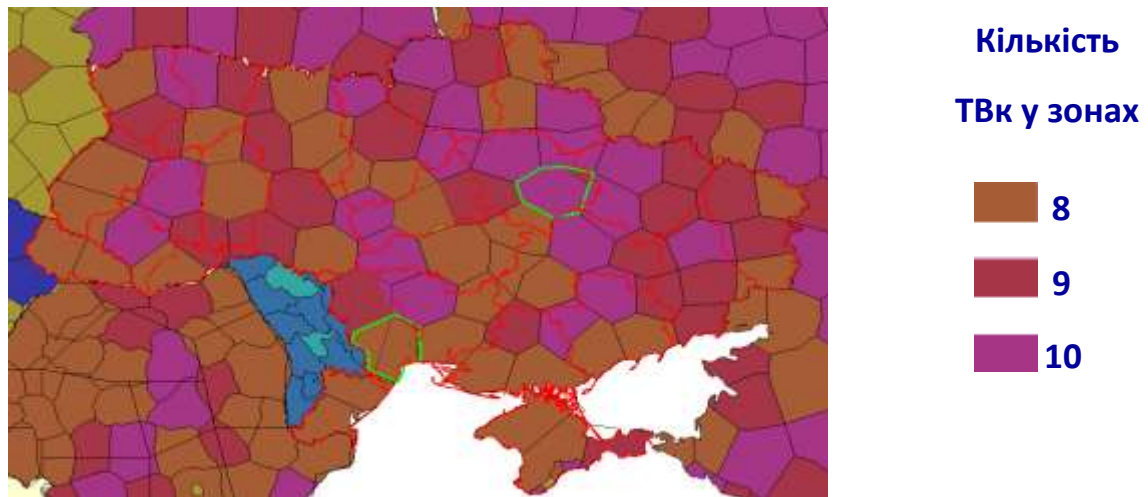


Рис. 5. Кількістю ТВк у зонах планування мереж DVB-T

6. Аспекти доступності радіочастотного спектру у перехідний період

З метою забезпечення реалізації Угоди „Женева-06” [3], її учасники прийняли технічні характеристики частотних виділень та присвоєнь радіочастот у плані GE06D. Вони зобов’язались конвертувати частотні виділення у відповідні присвоєння радіочастот, змінювати їх технічні характеристики та вводити в експлуатацію радіообладнання (РО) цифрового мовлення виключно на підставі процедур Статі 4 та 5 Угоди. Одночасно, АЗ взяли міжнародні зобов’язання по застосуванню відповідних процедур захисту інших первинних наземних радіослужб, відмінних від радіомовної служби, які в районі планування у смугах частот 174-230 МГц, 470-862 МГц мають присвоєння радіочастот, здійснені відповідно до розподілу статті 5 Регламенту радіозв’язку МСЕ та внесені до Листа інших служб, як додатку до Угоди „Женева-06”.

Саме ці два аспекти: наявність в плані обмежень на використання присвоєнь радіочастот відповідно до адміністративних декларацій та необхідність врахування та захисту РЕЗ інших радіослужб при здійсненні присвоєнь радіочастот РО цифрового мовлення стали головними факторами при визначенні можливості реалізації цифрового плану. До них додалися ще й деякі національні особливості, які визначали засади використання РЧС в Україні, та які додатково обмежували можливість здійснення присвоєнь радіочастот для РО цифрового мовлення. Основні із них наступні [22].

Наявність різних термінів переходу та підходів до використання РЧС. РКР-06 встановила для України перехідний період до 17.06.2015 року (для порівняння, всі сусідні східноєвропейські країни мали завершити перехід на цифрове мовлення у 2012 році). Перехідний період передбачав необхідність співіснування у смугах частот ЦНРС, РО цифрового мовлення, АТВМ та інших первинних служб.

Висока щільність передавачів АТВМ та завантаженість РЧС. В Україні в наслідок високої щільності та нерівномірності розміщення діючого РО АТВМ РЧС 6-12, 21-44, 47-52 та 57, 64 ТВк був практично вичерпаний. Перехід на ЦНТВМ в смузі 174-230 МГц ускладнювався необхідністю забезпечення переходу від 8 МГц растру (ширини ТВ каналу) АТВМ до 7 МГц растру цифрового мовлення. При цьому, до уваги необхідно було прийняти міжнародні зобов’язання, що пов’язані із різними підходами до каналоутворення ЦНРС у сусідніх країнах. Як наслідок, реалізація 82 виділень у смузі 174-230 МГц та загальнонаціонального шару ЦНТВМ (табл. 1), призначеного Україні у плані GE06D, вимагала виводу з експлуатації всіх передавачів АТВМ 6-12 ТВк.

Висока завантаженість спектру діючими РЕЗ інших радіослужб. Вони використовують понад 35% ресурсу ЦНТВМ. Зокрема, у смузі 470-862 МГц ряд номіналів ТВ каналів є недоступними для ЦНТВМ. Як наслідок, це обмежило можливість використання 229 виділень та практичну реалізацію близько 3 шарів ЦНТВМ цифрового плану України.

Великі обсяги та складність розрахунків ЕМС, що визначаються значною кількістю зон, потрібних присвоєнь для зон, кількістю присвоєнь АТВМ, інших користувачів, інших служб та прикордонних передавачів сусідніх країн, які потрібно враховувати при виконанні розрахунків ЕМС. Результати аналізу показали, що для забезпечення в межах однієї зони розміром 100*100 км необхідного рівня сигналу для мобільного прийому (з 95 % покриття)

потрібно мати приблизно 15 опор та відповідно здійснити 15 присвоєнь. Таким чином, тільки для однієї зони із 50-ма контрольними точками необхідне проведення великої кількості обчислень та залучення спеціаліста для аналізу результатів розрахунків. При цьому, слід зазначити, що всі повноваження щодо експертизи правильності конвертації виділень у набір присвоєнь на етапі внесення у план надані БР МСЕ і відповідно розрахунки мають проводитись у суворій відповідності до вимог планування Угоди „Женева-06” [3].

Необхідність координації присвоєнь з великою кількістю сусідніх країн. Враховуючи наявність теплого Чорного моря, переважаючі ефективні висоти Карпатських та Кримських гір до координації присвоєнь радіочастот України причетна велика кількість сусідніх країн. Координація потрібна з країнами Східної Європи, Чорноморського басейну та Республікою Молдова. При цьому, в ряді випадків, позитивна координація можлива лише за умови реалізації обмежень на потужність випромінювання в бік моря та діючого РО. В ряді країн значна частина РЧС, який може бути доступним для ЦНТВМ України, задіяний іншими службами, в тому числі спеціальними користувачами сусідніх країн, а тому отримати позитивні результати координації від них надзвичайно важко.

Недостатня кількість та не оптимальність топології існуючих антенно-щоголових споруд АТВМ. Опори нерівномірно розподілені по території України і відповідно їх кількість змінюється від зони до зони (рис. 3). Це не дозволяє реалізувати головний принцип планування ЦНРС – рівномірність забезпечення напруженості поля в зоні, закриття зон тіні та забезпечення синхронної роботи РО. Тільки РО з приблизно однаковою потужністю та відстанями між ним дозволяють забезпечити синхронне мовлення на 95% території зони [3].

Як наслідок, конвертація виділень в набір присвоєнь та впровадження мереж ЦНТВМ, розрахованих на забезпечення мобільного прийому на 95% покриття території, виявилась досить проблематичним завданням, вирішення якого вимагало суттєвих затрат часу.

7. Результати здійснення присвоєнь для цифрового телебачення

Для забезпечення переходу від АТВМ до ЦНТВМ знадобилось 5 етапів розрахунків ЕМС та здійснення відповідних присвоєнь радіочастот для ЦНТВМ.

На першому етапі протягом 2006-2007 років була проаналізована доступність частот, призначених Україні для ЦНТВМ у плані GE06D у смузі 470-862 МГц. Результати розрахунків ЕМС показали, що для впровадження ЦНТВМ обмежено можуть використовуватись лише деякі виділення смуги 470-862 МГц, які не задіяні АТВМ (сусідні та дзеркальні ТВк), іншими службами та використання яких не веде до завад в сусідніх зонах та/чи прикордонних країнах. Доступних виділень виявилось достатньо для створення першого шару покриття України ОЧСМ, розрахованого на мобільний прийом ЦНТВМ з 95% покриттям території (це дозволило вперше в історії України проліцензувати 81 частотне виділення для розбудови загальнонаціонального мультіплексу стандарту DVB-T). Реалізація мультіплексу вимагала досягнення домовленостей з АЗ сусідніх країн щодо можливості використання на час перехідного періоду ТВк, що не відповідають плану GE06D. Планування решти мультіплексів вимагало виведення з експлуатації діючого РО АТВМ.

На другому етапі протягом 2008-2009 років УДЦР визначив 81 номінал ТВк для 2-го шару покриття за умови вимкнення станцій АТВМ, здійснення розрахунків ЕМС для конкретних умовах експлуатації, а також відповідних погоджень і міжнародної координації частотних виділень. Реалізація мультіплексу була можлива лише у 23 зонах на сусідніх та дзеркальних ТВк АТВМ. У більшості зон необхідний був вивід з експлуатації РО АТВМ, яке на той час поширювало телепрограми з використанням понад 70 частот. Через обмеженість РЧС, роботу

передавачів АТВМ та відсутності попиту прийому на портативне обладнання мережа так і не була ефективно розбудована. В серпні 2023 року Національна рада рішенням від 31.08.2023 №732 скасувала реєстрацію суб'єкта у сфері медіа - власника мережі.

Одночасно для ряду зон мультимплексу почались роботи по конвертації виділень у набір присвоєння у стандарті DVB-T/MPEG-4. Внаслідок жорстких умов доступу до РЧС у травні 2008 року Національна рада скорегувала вимоги до планування та замовила прорахунок частот для 4-х мультимплексів у стандарті DVB-T/MPEG-4, орієнтованих на розбудову ОЧСМ з фіксованим режимом прийому ЦНТВМ на антени з горизонтальною поляризацією. Відповідно до зазначеного замовлення, фахівцями УДЦР були виконані роботи для ряду пріоритетних зон у Житомирській, Закарпатській та Одеській областях. За їх результатами були здійснені відповідні присвоєння радіочастот першим SFN ЦНТВМ. Реалізація цих проєктів дозволила УДЦР відпрацювати ряд технічних питань стосовно можливості:

- використання діючих антенно-щоголових споруд;
- синхронізації цифрових передавачів в ОЧСМ за допомогою системи GPS;
- використання різноманітних варіантів доставки сигналу в зону ОЧСМ, по лініях зв'язку (Київська та Житомирська зони) або шляхом ефірної ретрансляції (Житомирська зона);
- виміру рівнів сигналів ЦНТВМ у синхронному режимі роботи передавачів;
- виміру зони покриття мережі із декількох передавачів. Виміри підтвердили попередні результати теоретичних розрахунків зон покриття.

У той же час за зверненнями УДЦР до регуляторних органів та статті [22] розпочалась розробка державної стратегії переходу України на цифрові стандарти мовлення. Затвердження Постановою Кабінету Міністрів України від 26 листопада 2008 р. №1085 засад впровадження DVB-T в Україні, здавалося, вирішило питання з прийняття Державної програми впровадження цифрового телерадіомовлення. Однак, через обмежені можливості бюджетного фінансування та необхідність залучення інвестицій гостро постало питання щодо співвідношення та розвитку у найближчому майбутньому сегментів державного та комерційного мовлення.

На третьому етапі протягом 2010-2012 років УДЦР прорахував та здійснив присвоєння для 4-х загальнонаціональних мереж MX1-MX3, MX5 у стандарті DVB-T2/MPEG-4. При цьому важливо зазначити, що у 2010 році Національна рада переглянула вимоги до частотного планування та прийняла рішення про його проведення на засадах забезпечення 95% населення фіксованим режимом прийому ЦНТВМ у стандарті DVB-T2/MPEG-4 без вимкнення діючого РО АТВМ. На той час в Україні працювало біля 2000 передавачів АТВМ (вимкнення АТВМ у середньостроковій перспективі не планувалось) підтвердженням чого є той факт, що воно розпочалось лише у 2018 році і що є декілька передавачів АТВМ, які працюють до сьогодні.

На виконання доручення Президента України №181/66519-01 від 14.10.10/10612 щодо забезпечення реалізації заходів з розбудови протягом 2010-2011 років національної мережі ЦНТВМ у стандарті DVB-T(T2)/MPEG-4 та відповідних замовлень Національної ради, УДЦР провів розрахунки ЕМС та підібрав радіочастоти для 4-х загальнонаціональних мультимплексів MX1, MX2, MX3 та MX5 (без їх прив'язки до границь зон планування). Розрахунки ЕМС були виконані для варіанту комбінованого поєднання одно- та багаточастотних мереж з врахуванням необхідності мінімізації кількості опор, потрібних для здійснення присвоєнь радіочастот, забезпечення максимального захисту діючого РО АТВМ, РЕЗ спеціальних користувачів, а також виконання всіх відповідних міжнародних зобов'язань, які на себе взяла Україна по переходу на ЦНТВМ. В цілому, було визначено можливість використання:

- 4 ТВ каналів (41, 43, 51 та 64 ТВ канали) для організації в м. Києві мовлення в стандарті DVB-T/MPEG-4 [19];
- 664 присвоєнь радіочастот для мультимплексів MX1-MX3 та MX5 мереж ЦНТВМ в стандарті DVB-T2/MPEG-4, з можливістю їх використання без виводу з експлуатації діючого РО

АТВМ. Розрахункова (теоретична) карта зон покриття одного з мультиплексів представлена на рис. 6.

Для мультиплексів МХ1-МХ3 та МХ5 було використано фактично весь вільний РЧС, доступний для невідкладного впровадження ЦНТВМ. Одночасно було вжито всі необхідні заходи з визначення та усунення можливого завадового впливу між РО ЦНТВМ та засобами інших служб. Позитивними результатами наукових досліджень, теоретичних розрахунків та натурних випробувань на практиці було підтверджено можливість спільного використання смуги радіочастот 21-64 ТВк РО ЦНТВМ та РЕЗ інших користувачів. З метою надання міжнародно-правового статусу присвоєнням України були успішно проведені двосторонні координаційні зустрічі з технічними експертами сусідніх країн. За результатами цих зустрічей було скоординовано 474 присвоєння радіочастот РО ЦНТВМ, із них 220 присвоєнь - поза планом GE06D. Важливо відмітити, що на координаційних зустрічах експерти інших країн високо оцінили складність та високу якість планування ЦНТВМ України, виконаного УДЦР. При цьому, УДЦР забезпечив отримання додаткового РЧС (без відмови від виділень України у плані GE06D) із врахуванням обмежень, що накладались діючим АТВМ. Реалізація результатів частотного планування в умовах діючого АТВМ знайшла своє відображення у визнаному на міжнародному рівні плані присвоєнь радіочастот для чотирьох мультиплексів ЦНТВМ МХ1, МХ2, МХ3, МХ5, розрахованим на стандарт DVB-T2, на необхідності використанні переваг якого з кінця 2008 року наполягав УДЦР.

Ліцензування мультиплексів МХ1-МХ3 та МХ5 було проведено 9 грудня 2010 року. За рік в експлуатацію було введено 100% передавачів цих мультиплексів. Таких темпів впровадження ЦНТВМ в найновітнішому на той час стандарті DVB-T2/MPEG-4 не мала ні одна з країн Європи. Унікальність ситуації також полягала ще в тому, що фактично Україна відкинула цілий історичний етап побудови мереж ЦНТВМ у стандарті DVB-T/MPEG-2/4, через який пройшли провідні країни Європи і через який деякі з них змушені до тепер проводити модернізації своїх мереж до стандарту DVB-T2/MPEG-4.



Рис. 6. Розрахункова (теоретична) карта покриття на прикладі одного з мультиплексів

З 2012 року почалася промислова експлуатація 3 загальнонаціональних та 1 регіонального мультиплексів ЦНТВМ, але рішення по вимкненню АТВМ із року в рік відтерміновувалось. Це призвело до того, що відповідно до Угоди «Женева-06» з 17.06.2015 року присвоєння АТВМ України втратили міжнародно-правовий захист і продовжували використовуватись виключно на засадах не створення радіозавад ЦНРС сусідніх країн. На той час всі країни Європейського союзу (в тому числі й країни-сусіди України) відключили АТВМ та завершили пере-

хід на ЦНТВМ. Із 10-ти країн сусідів України використання АТВМ продовжили лише Республіка Молдова та РФ.

Датою початку припинення використання АТВМ в Україні, відповідно до п.38 розділу І Плану використання радіочастотного ресурсу, стало 31 липня 2018 року. З цієї дати у відповідності до норм, діючого на той час Закону України «Про радіочастотний ресурс України», УДЦР почав отримувати перші заяви про анулювання дозволів на експлуатацію РО АТВМ. Станом на кінець 2025 року анульовано 1609 присвоєнь АТВМ; ще у 239 присвоєнь закінчився термін дії й лише декілька передавачів АТВМ продовжують знаходитись в експлуатації.

На четвертому етапі протягом 2013-2018 років УДЦР підібрав частоти для загальнонаціонального мультимплексу МХ7 в смузі 174-230 МГц («метровий» мультимплекс), а також місцевого ЦНТВМ у смузі 470-694 МГц. Відповідно до Плану заходів щодо впровадження в Україні цифрового телерадіомовлення, затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 26.10.2016 №788-р, та відповідного замовлення Національної ради, УДЦР провів підбір ТВк, розрахунки ЕМС та визначив можливість використання заявленого РО ЦНТВМ. За результатами робіт у 2017-2018 роках Національній Раді було надано 158 висновків для ліцензування загальнонаціонального мультимплексу МХ7 у смузі 174-230 МГц, а також 48 висновків щодо можливості ліцензування частот у смузі 470-694 МГц регіонального (22) та місцевого (26) ЦНТВМ.

Ліцензування та розбудова мультимплексу МХ7 стало можливим лише у 2023 році після вимкнення РО АТВМ у смузі частот 174-230 МГц. На підставі ліцензії на використання мережі МХ7, наданої Концерну РРТ (запис в реєстрі: L70-01785; строк дії з 09.11.2023 до 09.11.2033), УДЦР здійснив 128 присвоєнь радіочастот для ЦНТВМ на підконтрольній Україні території. У подальшому для мультимплексу МХ7 додатково було здійснено ще 15 присвоєнь для покращення покриття територій Сумської, Харківської, Чернігівської областей. Розрахункова (теоретична) карта зон покриття мультимплексу МХ7 наведена на рис. 7.

На п'ятому етапі з 2016 року і по цей час УДЦР відпрацьовує завдання звільнення від ЦНТВМ смуг частот цифрових дивідендів DDI/DDII (790-862 / 694-790 МГц) та забезпечення подальшого використання РО ЦНТВМ виключно у смузі 470 - 694 МГц. Відповідно до Плану розподілу і користування радіочастотним спектром в Україні, затвердженого постановою КМУ від 19 грудня 2023 р. №1340, вивільнення смуг 694-790 МГц та 790-862 МГц від РО ЦНТВМ заплановано на кінець 2026 року [11].

8. Перспективи щодо доступності спектру для цифрового телебачення

Наразі відомо, що відповідно до рішень ВКР-23 [8] смуга частот 470-694 МГц є доступною для ЦНТВМ до 2031 року. У той же час сигналом майбутніх змін є розподіл цієї смуги на вторинній основі рухомій службі в Районі 1 МСЕ. Не дивлячись на застереження ВКР-23, що зазначений розподіл не повинен давати негативного впливу на розвиток радіомовної служби та/або на нові записи присвоєнь ЦНТВМ в плані GE06, питання подальшого використання спектру радіомовною та рухомою службами, їх потреби в РЧС, а також можливі регламентарні міри у смузі 470-694 МГц або її частинах вже винесені до порядку денного ВКР-31. Фактично це дає мандат ВКР-31 на прийняття регламентарних рішень щодо подальшого використання смуги 470-694 МГц.

Відповідно до Резолюції 235 (ВКР-23) [9] у ході підготовки до ВКР-31 АЗ запропоновано визначити потреби в РЧС для подальшого розвитку ЦНТВМ/мультимедійного мовлення, з врахуванням тенденцій розвитку радіотехнологій мовлення, а самій ВКР-31 доручено розглянути на підставі досліджень МСЕ-Р можливі регламентарні міри, включаючи перегляд розподілу смуги частот 614-694 МГц рухомій службі в країнах Європи перерахованих в п. 5.295А Регламенту радіозв'язку МСЕ.

При вивченні питання потреби в РЧС у смузі 470-694 МГц для майбутнього забезпечення частотами ЦНТВМ та/або мультимедійного мовлення до уваги слід взяти на наступні ключові аспекти.

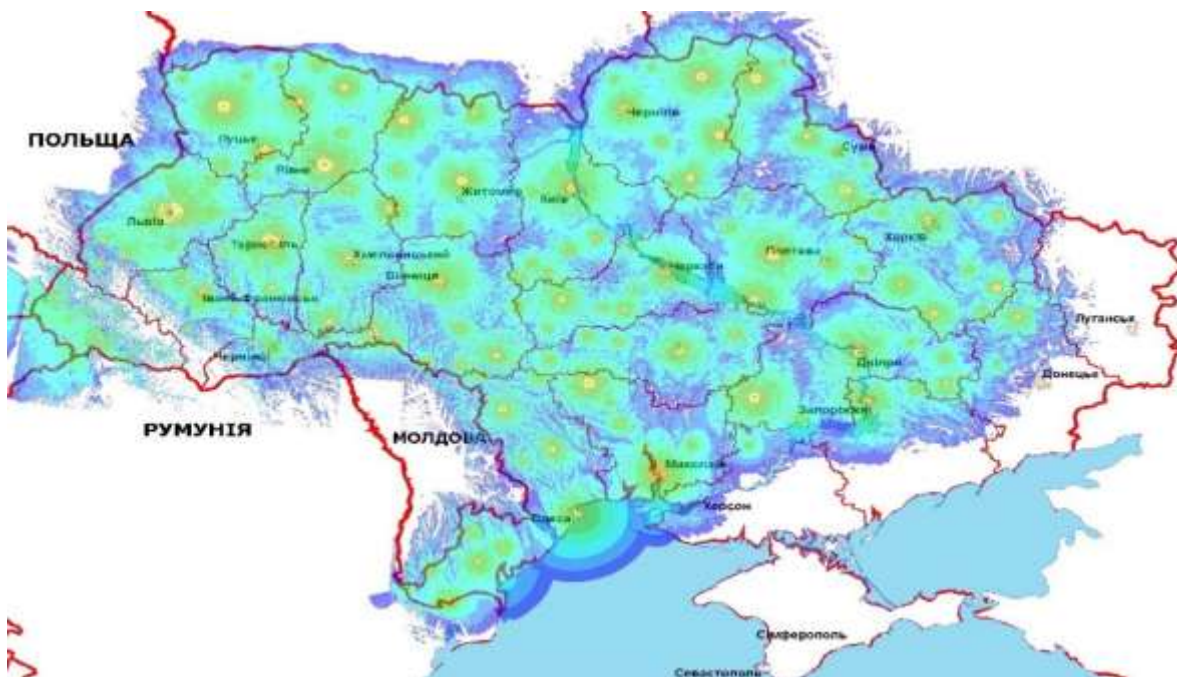


Рис. 7. Розрахункова (теоретична) карта зон покриття мультиплексу MX7

Соціальна значимість телебачення. У багатьох країнах світу, як і в Україні, існують державні гарантії надання населенню радіомовних послуг. При цьому в ряді країн наземне мовлення є практично єдиною можливістю поширення національних програм та забезпечення інформаційної безпеки держави. Як показує досвід війни та російської агресії в Україні, це особливо актуально для проведення заходів протидії інформаційній агресії.

Грандіозна трансформація звичок споживача. Вона зумовлена розвитком технологій та змінами у споживанні контенту. Зростання використання мобільних пристроїв та доступу до Інтернету веде до збільшення популярності мобільного контенту. Смартфони стають основним засобом отримання новин та контенту для багатьох людей. Теле- та медіа-компанії пристосовуються до цього шляхом розробки мобільних додатків та оптимізації контенту для мобільних платформ. По причині зростання доступності та розвитку альтернативних платформ поширення медіа, збільшується кількість країн, в яких спостерігається зниження використання ЦНТВМ. Зокрема, є дані з Фінляндії, Великобританії, Німеччини, Швеції, Норвегії та Нідерландів [10] про те, що спостерігається постійна тенденція до збільшення споживання відеоконтенту. В основному ці зміни стосується користувацької поведінки аудиторії середнього та молодшого покоління. Втім ще не ясно, як ця тенденція може позначитися на потребах в РЧС для ЦНТВМ у смузі частот 470-694 МГц.

Чинність Угоди «Женева-06» та цифрового плану GE06D. Угода застосовується у всіх країнах Європи та більшості інших країн Району 1 МСЕ. Її дія поширюється на всю смугу частот 470-862 МГц, а науково-прикладні засади на ЦНТВМ, інші первинні наземні служби, план GE06D та список станцій інших первинних служб GE06L. На цей час у плані GE06D Україна має 741 запис присвоєнь ЦНТВМ та права на їх міжнародно-правовий захист. Розподіл задіяних присвоєнь по смузі частот 470-862 МГц наведений у табл. 2.

Таблиця 2

Розподіл задіяних присвоєнь ЦНТВМ по підсмугах дивідендів смуги 470-862 МГц

Кількість присвоєнь радіочастот ЦНТВМ у смузі частот				Всього
470-614 МГц (перспективна)	614-694 МГц (ІІІ дивіденд/ДІІІ)	694-790 МГц (ІІ дивіденд/ ДІІ)	790-862 МГц (І дивіденд/ДІ)	741
340	180	197	24	

Як видно з табл. 3, на відміну від смуг 694-790/790-862 МГц, смуга частот 470-694 МГц більш інтенсивно використовується ЦНТВМ, так як має менше обмежень по умовам ЕМС з РЕЗ інших користувачів. Відповідно розподіл смуги частот 614-694 МГц рухомій службі

може призвести до зменшення кількості доступних для ЦНТВМ ТВк з 28 до 18, та відповідно, теоретично можливих загальнонаціональних покриттів в Україні з 5 до 3.

Всесвітній рівень розподілу смуги частот 470–694 МГц для забезпечення наземної радіомовної служби. Наземні радіомовні мережі мають тривалий термін служби і їм необхідна стабільна регламентарна база для захисту інвестицій та подальшого розвитку. В найближче десятиріччя інвестиції будуть потрібні для розвитку ЦНТВМ та запровадження нових технологій мовлення, наприклад, для розповсюдження контенту надвисокої чіткості (UHD), контенту 5G і т. д. Також мовники продовжують інвестувати в ЦНТВМ, все частіше використовуючи стандарти DVB-T2 та HEVC/H.265. Цьому сприяє великий попит на телеекрани великих діагоналей, виробництво гнучких екранів, здатних покривати стіни

помешкань, та інтенсивний розвиток альтернативних телемовленню систем доставки програм (перш за все оптоволоконних ліній та мереж широкосмугового доступу). Очікується, що до 2030 року UHD стане досить розповсюдженим, особливо у великих містах. Єдине, що стримує перехід на UHD є те, що запровадження нового стандарту вимагає заміни у населення приймального обладнання. Натомість, з точки зору співвідношення «затрати/ефект сприйняття зображення» наявність «панорамного» екрану сприяє підсиленню ефекту присутності глядача. Орієнтиром для масового використання може служити формат із співвідношенням сторін 24:9 - 21:9 та з роздільною здатністю не нижчою 5K (5120 x 2160 пікселів) для передачі стереозображення.

Вплив перспективних телевізійних технологій на потреби у спектрі. Історія розвитку телебачення показує, що кожне покоління стандартів наземного телебачення залишається чинним на протязі 20 років. У випадку, якщо дослідження покажуть відсутність перспектив суттєвого збільшення пропускної здатності стандартного телеканалу (8 МГц) в порівнянні із стандартом DVB-T2 (в якому пропускна здатність телеканалу наближається до межі теореми Шеннона), мовникам слід орієнтуватись на використання передавачів стандарту DVB-T2 у поєднанні з кодеками 2-го покоління HEVC/H.265. Це дозволить передавати в складі одного мультимплексу до 2-х програм UHD. При цьому темпи розвитку будуть залежати від появи нових форматів відео виробництва та появи по доступній ціні абонентських пристроїв для нових технологій мовлення, таких як UHD. У перспективі в найближчі 10 років в ефірі залишаться тільки телебачення зі стандартною (SD) та UHD.

Можливість використання записів плану GE06D для інших служб. Цифровий запис у Плані може використовуватися для інших служб, відмінних від радіомовної, відповідно до умов пункту 5.1.3 Угоди «Женева-06». Додаткова інформація досліджень щодо можливості спільного використання та сумісності між мобільним зв'язком/ІМТ і ЦНТВМ, як для випадків спільного використання каналів, так і для випадків суміжного використання каналів наведена у Звіті МСЕ ВТ.2337 [11]. Результати досліджень показують, що спільне використання смуги частот ЦНТВМ та мережами ІМТ є край складним.

Наявність у ряді країн Району 1 мереж ІМТ у смузі частот 614-694 МГц. Відповідно в майбутньому це може привести до деяких змін у використанні та потребах в РЧС для радіомовної та рухомих служб у смузі частот 614-694 МГц. Втім, враховуючи складності забезпечення умов ЕМС прийомного РО ЦНТВМ, все буде залежати від того, яку загальноєвропейську позицію щодо вивільнення від ЦНТВМ та подальшого використання смуги 614-694 МГц мережами LTE адміністрації зв'язку країн Європи матимуть на ВКР-31.

9. Середньострокова та довгострокова концепція частотного планування ЦНТВМ

Враховуючи досвід частотного планування загальнонаціональних та регіональних мереж ЦНТВМ, завдання вивільнення смуг частот 790-862 МГц/694-790 МГц, а в перспективі і смуги 614-694 МГц, а також результати новітніх наукових досліджень та перспективи розвитку технології мовлення можна спрогнозувати наступне.

У найближчі 5-10 років *середньострокова концепція частотного планування* передбачатиме частотне планування та переplanування загальнонаціональних мереж ЦНТВМ в умовах обмежень доступу до РЧС задля вивільнення смуг частот цифрових дивідендів

DI/DII, а в майбутньому смуги 614-694 МГц з метою запровадження на вивільнених частотах мереж мобільного зв'язку стандарту 5G NR. Планування буде орієнтоване на забезпечення поширення в мережах максимально можливої кількості телепрограм SD/HD з використанням інформаційних та технічних переваг, які дає стандарт DVB-T2 з кодеками MPEG-4/H.264.

У перспективі через 20-25 років *довгострокова концепція частотного планування* загальнонаціональних мереж ЦНТБМ передбачатиме регіональне та загальнонаціональне планування/перепланування задіяних мереж ЦНТБМ й перегляд Плану можливо навіть на майбутній РКР в кінці 40-х на початку 50-х років поточного століття. Підставами для цього є невідповідність діючих технічних засад сучасним та перспективним можливостям новітніх стандартів ЦНТБМ. Зокрема, це підтверджують наступні наукові дослідження та виявлені технічні невідповідності:

- у Звіті МСЕ-Р ВТ.2337-1 в 2017 році визначена неможливість суміщення в одних і тих самих смугах обладнання ЦНТБМ та мереж мобільного зв'язку стандарту 5G;
- еталонні мережі RN 1 Угоди «Женева-06», які розраховані на підставі можливостей стандарту DVB-T щодо максимального на той час захисного інтервалу 1/4 (що відповідає максимальній відстані розносу передавачів 64 км), не враховують можливостей планування мереж значно більшого розміру за стандартом DVB-T2, в якому є новий максимально можливий на це час захисний інтервал 19/256 (що відповідає відстані розносу передавачів в мережі 79,8 км);
- розміри зон частотних виділень у Плані та Угоди «Женева-06» в середньому мають розміри 110x130 км, виходячи з відстаней повторного використання ТВк в соканальних зонах SFN за умови, що їх форма більш менш подібна до форми еталонної мережі RN 1, натомість стандарт DVB-T2 дозволяє планування загальнонаціональних та регіональних SFN мереж з розмірами 160x200 км.

Відповідно регіональне частотне планування на майбутній РКР має буде орієнтоване на забезпечення поширення максимально можливої кількості телепрограм HD/UHD (з якістю 4к/8к) та використанням інформаційних переваг, які дає поєднання стандартів DVB-T2 та HEVC/H.265.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Результати 30 річної діяльності УДЦР показали його значимість, як колективу фахівців з планування використання радіочастот та значні досягнення як в частотному плануванні загальнонаціональних мереж мовлення, так і в забезпеченні частотами еволюційного переходу телебачення України на цифрові стандарти мовлення.

Стартовим моментом переходу від аналогового до цифрового телебачення в Європі стала РКР-06, яка визначила засади планування мереж ЦНТБМ та ЦНЗВМ стандартів DVB-T і T-DAV не тільки для Європи, а і для ряду країн Середньої Азії, Північної Африки та Близького Сходу. Найважливіше досягнення РКР-06 – частотний план ЦНЗВМ та ЦНТБМ у смузі 174-230 МГц та ЦНТБМ у смузі частот 470-862 МГц. Для України цей План забезпечував можливість створення у смузі 470-862 МГц/21-69 ТВк до 8 загальнонаціональних шарів покриття ЦНТБМ.

У період з 2010 по 2012 роки УДЦР забезпечив частотами у смузі 470-862 МГц/21-69 ТВк 4 загальнонаціональні мультиплекси ЦНТБМ в умовах діючого АТБМ та обмежень доступу до деяких частот через їх інтенсивне використання іншими користувачами РЧС України. За один рік в експлуатацію було введено 100% передавачів цих мультиплексів у стандарті DVB-T2. Таких темпів впровадження ЦНТБМ в найновітнішому на той час стандарті DVB-T2/MPEG-4 не мала ні одна з країн Європи. Унікальність переходу України на ЦНТБМ полягала ще і в тому, що фактично країна переступила через етап розбудови мереж ЦНТБМ за стандартом DVB-T/MPEG-2/4, через який пройшли провідні країни Європи і через який деякі з них до нині ведуть модернізацію своїх мереж до стандарту DVB-T2/MPEG-4.

Оцінивши переваги ЦНТБМ, європейські країни-учасниці Угоди «Женева-06» по завершенню перехідного періоду від АТБМ до ЦНТБМ в 2015 році розпочали процес вивільнення смуг частот цифрових дивідендів DDI/DDII (790-862 МГц/694-790 МГц) від ЦНТБМ задля

запровадження в них мереж мобільного зв'язку за новітніми радіотехнологіями, включаючи 5G NR. Україна приєдналася до цього процесу у 2016 році, а її зобов'язання щодо вивільнення дивідендів DDI/DDII набули статусу міжнародних, оскільки стали складовою Угоди з ЄС щодо асоціації. Наразі, План розподілу і користування радіочастотним спектром в Україні, затверджений постановою КМУ від 19 грудня 2023 р. №1340, передбачає вивільнення смуг частот DDI/DDII від ЦНТБМ до кінця 2026 року.

Відповідно до рішень ВКР-23 та її Резолюції 235, в ході підготовки до ВКР-31 Європа та Україна мають визначити свої потреби у спектрі для ЦНТБМ у смузі 470-694 МГц, виходячи з перспектив розвитку радіотехнологій ЦНТБМ до 2031 - 2035 років. При цьому до уваги мають бути прийняті наступні технічні факти. Через істотне (майже у 2 рази) зменшення доступного для ЦНТБМ РЧС (внаслідок вивільнення смуг 694-790 МГц та 790-862 МГц від ЦНТБМ), для прикладу, в Україні потенційно можливим стане забезпечення частотами у смузі 470-694 МГц не більше 5 мультиплексів ЦНТБМ, і то виключно за умови використання стандарту DVB-T2 та його можливостей з забезпечення найвищої ефективності використання РЧС. Можливий у подальшому регламентарний розподіл на ВРК ще однієї смуги частот 614-694 МГц рухомій службі в Європі може призвести до подальшого зменшення кількості доступних для ЦНТБМ телеканалів з 28 до 18 і відповідно теоретично можливих загальнонаціональних покриттів ЦНТБМ в Україні з 5 до 3.

Дані щодо основних етапів та результатів частотного планування наочно показують необхідність актуалізації концепції планування та розбудови загальнонаціональних телемереж, за якої спочатку відповідно до Угоди «Стокгольм-61», 1961 року для радіотехнології АТБМ були спеціально виділені та в повному обсязі доступні всі частоти смуги 48,5 - 56,5 МГц (1 ТВк), 58 - 66 МГц (2 ТВк), 76-84 МГц (3 ТВк), 84-100 МГц (4-5 ТВк), 174-230 МГц (6-12 ТВк), 470-862 МГц (21-69 ТВк), а в подальшому відповідно до Угоди «Женева-06», 2006 року, за якою задля переходу на цифрового мовлення були перерозподілені 2 верхні теледіапазони 174-230 МГц (5-12 ТВк), 470-862 МГц (21-69 ТВк).

Узагальнюючи матеріали статті можна стверджувати, що середньо та довгострокова концепція планування мають бути орієнтовані на планування/перепланування мереж ЦНТБМ в умовах обмеженого доступу до спектру. Зокрема, в середньостроковій перспективі актуальним може стати питання оптимізації розподілу ТВк смуги частот 470-614МГц/21-38ТВк для задіяних загальнонаціональних телемереж, забезпечення найвищої ефективності використання частот в умовах обмеженого доступу до спектру, а також їх подальшої модернізації, орієнтуючись на поєднання стандарту DVB-T2 з кодеками 2-го покоління HEVC/H.265.

Найважливішими науковими задачами, які мають бути вирішені у найближчій перспективі, є розробка методики для аналітичного дослідження інформаційної ємності смуг частот та нових методів частотного планування ЦНТБМ в умовах обмеженого доступу до спектру.

Внесок авторів

Олександр БОНДАРЕНКО – концептуалізація, аналіз джерел та теоретичних основ дослідження, формування середньострокової та довгострокової концепції частотного планування загальнонаціональних мереж ЦНТБМ; Юрій МАСЛЮК – збір і перевірка емпіричних даних щодо перепланування загальнонаціональних мультиплексів ЦНТБМ із смуги 694-862 МГц у смугу 470-694МГц, перевірка емпіричних даних щодо перепланування загальнонаціональних мультиплексів ЦНТБМ задля запровадження у смугах частот 694-862 МГц мереж мобільного зв'язку стандарту 5G NR, програмне забезпечення для частотного планування.

Подяка: автори висловлюють подяку провідному інженеру сектору телебачення відділу радіомовної служби Кирилюку Олександр Миколайовичу, який зробив суттєвий внесок у покращення якості змісту статті.

Декларація про штучний інтелект

Штучний інтелект для підготовки статті не використовувався.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та підтверджують, що під час підготовки цієї роботи не існувало жодних комерційних, фінансових чи інших взаємовідносин, які могли б бути розцінені як такі, що здатні вплинути на результати досліджень або їх інтерпретацію. Робота виконана відповідно до принципів академічної доброчесності, етичних норм проведення наукових досліджень та вимог редакційної політики щодо запобігання конфлікту інтересів.

Список використаної літератури

1. *Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)* Chester, 25 July 1997. <https://cept.org/dokuments/>
2. Резолюція Першої сесії Регіональної конференції радіозв'язку по плануванню цифрової наземної радіомовної служби в частинах Районів 1 і 3 у смугах частот 174–230 МГц та 470–862 МГц, Женева, 10-28.05.2004р. <https://www.itu.int/net/ITU-R/index.asp?category=conferences&rlink=rrc&lang=en>
3. Заключні акти Регіональної конференції радіозв'язку по плануванню цифрової наземної радіомовної служби в частинах Районів 1 і 3 в смугах частот 174-230 МГц и 470-862 МГц (PKP-06), затверджено Постановою КМ України № 750 від 18.08.2010; дата набрання чинності для України: 15.10.2010 (Угода «Женева-06»). <https://www.itu.int/net/ITU-R/index.asp?category=conferences&rlink=rrc&lang=en>
4. Заключні акти Регіональної конференції радіозв'язку по перегляду Угоди «Стокгольм-61», (PKP-06-Перег. ST61). <https://www.itu.int/pub/R-ACT-RRC.15-2006/en>
5. Стандарт ETSI EN 300744 – Digital Broadcasting System for television, sound and data services. Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, 1996, або скорочено DVB-T. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54211
6. Стандарт ETSI EN 300 401 - Radio broadcasting systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88402
7. Стандарт ETSI EN 302755 –Digital Video Broadcasting System Framing structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting systems (DVB-T2). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81735
8. Заключні акти Всесвітньої конференції радіозв'язку, яка відбулась в Дубаї, Об'єднані Арабські Емірати, 20 листопада – 15 грудня 2023 року (BKP-23). <https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC/en>
9. Резолюція 235 (Перег. BKP-23). Розгляд використання спектру смуги частот 470 – 694 МГц або її частинах для деяких країн в Районі 1. <https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC/en>
10. Doc. PTD (22)039 CPG PTD №7 Hybrid Meeting (Maisons-Alfort, France), 22 – 26 August 2022, 44 с. <https://cept.org/dokuments/cpg23-ptd>
11. Звіт MCE-P BT.2337-1 Sharing and compatibility studies between digital terrestrial television broadcasting and terrestrial mobile broadband applications, including IMT, in the frequency band 470-694/698 MHz. - Geneva, ITU-R: 2018 - 128p. <https://www.itu.int/pub/R-REP-BT.2337>
12. План розподілу і користування радіочастотним спектром в Україні. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 19 грудня 2023 р. №1340.
13. Заключний звіт про НДР «Розробка пропозицій щодо проекту позиції України з планування цифрової наземної радіомовної служби в окремих частинах Районів 1 і 3 у смугах частот 174-230 МГц і 470-862 МГц на РКР-04», Шифр “Позиція-УЧН-2003”. Договір № 16/1 від 24.11.2003р.: Київ, 2003- 183 с.
14. Заключний звіт про НДР «Розробка позицій щодо проекту позиції України на Регіональну конференцію з урахуванням рішень Робочих груп СЕПТ у 2004 р.», Шифр "РКР-Позиція - УЧН". Договір №1/9-04а від 05.05.2004 р.: Київ, 2004 - 123с.

15. Звіт про НДР «Розробка проєкту позиції України щодо планування цифрової наземної радіомовної служби в окремих частинах Районів 1 та 3 у смугах 174-230 МГц та 470-862 МГц на РКР-04 з урахуванням документів МСЕ, СЕРТ, РСЗ, аналіз рішень РКР-04 та розробка пропозицій по їх впровадженню в Україні», Шифр "РКР - Позиція" Етап 1 «Попередній аналіз результатів пробного планування МСЕ, СЕРТ, РСЗ цифрової наземної радіомовної служби у смугах частот 174-230 МГц та 470-862 МГц та розробка вхідних даних проєкту Плану України цифрової наземної радіомовної служби у смугах частот 174-230 МГц та 470-862 МГц», Шифр "РКР - Позиція", контракт № 9 від 01.04.2004 р.: Київ, 2004 - 285 с.

16. Заключний звіт про НДР «Розробка проєкту позиції України щодо планування цифрової наземної радіомовної служби в окремих частинах Районів 1 та 3 у смугах 174-230 МГц та 470-862 МГц на РКР-04 з урахуванням документів МСЕ, СЕРТ, РСЗ», Шифр "РКР - Позиція", контракт № 9 від 01.04.2004 р.

17. Звіт про НДР «Формування вхідних даних щодо розробки проєкту Плану цифрової наземної радіомовної служби України та розробка пропозицій до позиції України на Регіональній конференції з питань радіозв'язку щодо планування цифрової наземної радіомовної служби у смугах частот 174-230 МГц і 470-862 МГц на РКР-06 з урахуванням документів МСЕ, СЕРТ, РСЗ» Шифр "РКР - Позиція - УЧН" Етап 1: Аналіз документів Робочих груп МСЕ, СЕРТ, РСЗ з питань планування та результатів пробного планування цифрової наземної радіомовної служби у смугах частот 174-230 МГц, 470-862 МГц. Контракт № 1/21. від 17.08.2005 р.: Київ, 2005 - 156 с.

18. Заключний звіт про НДР «Розробка позиції щодо впровадження цифрового телерадіомовлення в Україні в смугах 174-230 МГц та 470-862 МГц», Шифр "ЦТ – Впровадження- УДЦР". Контракт № 1/21 від 17.11.2006 р.: Київ, 2006 - 92с.

19. О.О. Бондаренко, К.Р. Жавроцький Технічні аспекти та проблеми впровадження цифрового мовлення в Україні. //Зв'язок – 2003. - № 1 – с. 26 – 31.

20. О.О. Бондаренко, К.Р. Жавроцький, Є.В. Хаїров Результати розв'язання проблемних питань в рамках підготовки до Регіональної конференції радіозв'язку з планування цифрової наземної радіомовної служби в смугах частот 174-230 МГц та 470-862 МГц. //Зв'язок. – 2006 - № 5 – с. 20 – 25.

21. В.Ф. Олійник, О.О. Бондаренко, К.Р. Жавроцький Результати Регіональної конференції радіозв'язку з планування цифрової наземної радіомовної служби. //Зв'язок. – 2006. - № 6 – с. 28 – 33.

22. О.О. Бондаренко, Є.В. Хаїров «Аналіз проблем перехідного періоду та підходів до переходу на цифрове наземне телерадіомовлення у смугах 174-230 МГц та 470-862 МГц» //Зв'язок. – 2008. - № 4 – с. 28 – 33.

23. Звіт про НДР «Участь у розробці основних заходів забезпечення мовленням населених пунктів України» (шифр "Мовлення - УЧН") Етап 1. Розробка технічного завдання з питань побудови частотного плану для забезпечення ефірним мовленням території України (на підставі пропозиції п. 1.8 календарного плану виконання НДР "Мовлення".) Договір №1/11-04 - від 01.03.2004 р.: Київ, 2004 – 104 с.

O. Bondarenko, Y. Masliuk

THE CONCEPT OF FREQUENCY PROVISION FOR NATIONWIDE DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION NETWORKS

30 years of experience of the state enterprise Ukrainian State Center of Radio Frequencies (UCRF) clearly showed how urgent the problem of providing frequencies for the evolution of Ukrainian television to the latest digital broadcasting standards is. The article presents the main conceptual principles of solving this issue, the stages and results of preparation for the adoption and further implementation of the digital broadcasting plan at the regional level, and also presents the practical results of frequency planning of nationwide digital television networks of Ukraine. The most important result of frequency planning is that in fact, in 2012, 100% of transmitters of 4 nationwide television networks were put into operation in Ukraine. Such a pace of implementation of television in the latest DVB-T2/MPEG-4 standard at that time was not observed in any other European country. The

uniqueness of the situation was also that Ukraine actually rejected the entire historical stage of building television networks in the DVB-T/MPEG-2/4 standard, which the leading European countries went through and through which some of them are still modernizing their television networks to the DVB-T2/MPEG-4 standard. Based on the analysis of the planning results, a preliminary forecast was prepared for the formation of a new concept of frequency planning for the medium and long term with a preliminary analytical assessment of the theoretically possible number of nationwide digital television networks that Ukraine should focus on in the coming decades. As a result, in the future, the issue of frequency replanning and modernization of the television networks involved will be quite relevant, focusing on combining DVB-T2 transmitters with 2nd generation codecs in them.

Keywords: radio frequency spectrum, radio frequency band, television standards, digital terrestrial television broadcasting, frequency plan, digital television and radio broadcasting.

Надійшла до редакції: 22.07.2026

Прийнята до друку: 05.08.2026

Опубліковано: 17.08.2026

© 2026 Бондаренко О. О., Маслюк Ю. А.

Цей матеріал ліцензовано за умовами CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>