

УДК 621.397

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ МЕСТНОГО ВЕЩАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
ЦИФРОВОГО ПЛАНА УКРАИНЫ**

МАКОВЕЕНКО Д.А., ДРАГАНОВ В.М.

ГП УНИИРТ, Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

**PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF NETWORKS OF LOCAL BROADCASTING IN A
DIGITAL IMPLEMENTATION PLAN OF UKRAINE**

MAKOVEYENKO D.A., DRAGANOV V.M.

SE UNIIRT ,Odessa national academy of telecommunications n.a. O.S. Popov

Аннотация. Рассмотрены вопросы планирования наземного цифрового телевизионного вещания. Разработаны принципы построения и минимальные требования к сетям местного вещания.

Summary. The problems of planning of digital terrestrial television broadcasting. Developed principles of construction and minimum requirements to networks of local broadcasting.

ВВЕДЕНИЕ

В основе цифрового Плана Украины лежат одночастотные синхронные сети, частотные выделения в которых являются базовым компонентом для построения телевизионных сетей общенациональными и крупными региональными телевизионными компаниями [1]. Однако, по состоянию на 2009 год, в Украине работает более 200 местных телевизионных вещательных станций. Программный продукт этих станций рассчитан на компактно проживающую аудиторию небольшого населенного пункта (районный центр, крупный поселок городского типа).

Анализ Государственного реестра телерадиоорганизаций [2] показывает, что мощность таких аналоговых станций составляет менее 100 Вт. Это позволяет сделать вывод о том, что вещание таких станций распространяется на территорию, которая составляет лишь небольшую часть от зон цифрового наземного телевизионного вещания, на которые разделена территория Украины. На данный момент в Украине не выработано научно-обоснованного подхода к решению проблемы перевода передатчиков местного вещания на цифровой формат вещания. Поэтому, учитывая большую важность продолжения работы таких станций в цифровом формате вещания, разработка принципов построения сетей местного вещания имеет актуальность и является целью данной работы.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Как показано в [1], для дальнейшего развития местного телевизионного вещания при переходе на цифровой формат предложены следующие принципы построения телевизионных сетей в структуре цифрового Плана Украины:

– использование многочастотных минисетей в существующих зонах выделений цифрового Плана Украины с применением маломощных передатчиков для вещания без создания синхронной сети;

– использование многопрограммного вещания в синхронных сетях с кодированием сигнала, позволяющим осуществлять доступ к программам вещания на ограниченных территориях;

– использование кабельных коаксиальных и оптоволоконных сетей распределения программ вещания;

– использование технологий IP-вещания.

В соответствии с предложенной концепцией построения телевизионных сетей для местных телерадиовещателей в структуре цифрового Плана Украины разработан механизм использования многочастотных минисетей [3].

Известно [2], что регулярная сотовая структура является основой построения зон выделений Украины (Рис. 1), в которой частоты для синхронных сетей определены международным Соглашением “Ge-06”, тогда как назначение новых частот для одиночных присвоений в каждой зоне является практически неразрешимой задачей. В этом случае необходимо иметь такие научно-обоснованные подходы частотно-территориального планирования местных передающих телевизионных станций в цифровом формате вещания, которые бы обеспечили их беспомеховую работу в условиях совместного использования радиочастотного ресурса с одночастотными синхронными сетями, построенными по принципу выделений.

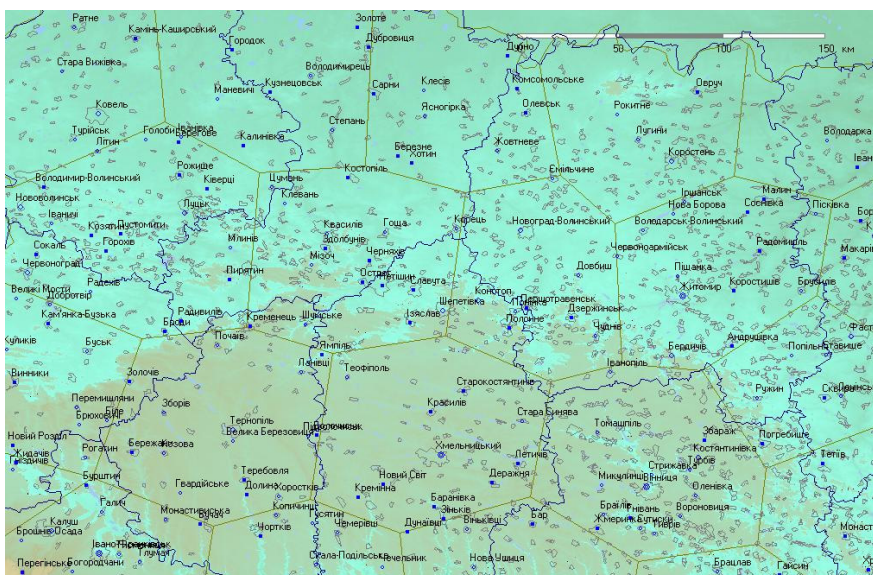


Рисунок 1 – Фрагмент регулярной структуры зон выделений цифрового Плана Украины

Так, для работы передающей станции местного ТВ вещания в цифровом формате в режиме одиночного частотного присвоения необходимо выполнение следующих условий:

– несущая частота передатчика должна выбираться из условий соблюдения электромагнитной совместимости между плановыми синхронными сетями и одиночным маломощным передатчиком локального вещания во всех направлениях;

– зона покрытия для маломощных локальных ТВ станций в цифровом режиме должна быть, по крайней мере, не меньше чем в аналоговом формате вещания;

– параметры модуляции и кодирования в канале DVB-T должны обеспечить вещание 3-4 программ с учетом современных стандартов кодирования источника.

Определим требуемые параметры зоны цифрового телевизионного вещания для местных вещателей в структуре зон выделений цифрового Плана.

Известно [4], что зона покрытия аналоговой телевизионной станции представляет собой зону, в пределах которой величина полезной напряженности поля ($E_{пол}$) равна или превышает величину минимальной используемой напряженности поля ($E_{мин}$), определенной для конкретных условий приема. При этом минимальная используемая напряженность поля для сигнала изображения систем PAL D/K, SECAM D/K, используемых в Украине, определена в [5-6].

Проведенные расчеты показывают, что реальные зоны покрытия аналоговых передатчиков согласно [7] превышают расчетные, так как определение минимальной используемой напряженности поля, определяемое в [5-6] производилось исходя из значений параметров телевизионных приемников производства 50-60-х годов двадцатого столетия. В частности, проведенные в последние годы исследования показывают [7], что коэффициент шума приемника, который является базовым показателем при определении напряженности поля для современных телевизионных приемников на 3-5 дБ ниже, нежели ранее используемые. В связи с этим современный телевизионный приемник может вполне удовлетворительно принимать сигнал ниже действующей нормы, отмеченной в [5-6]. Сравнение расчетных данных реальной минимальной используемой напряженности поля [6] с данными, представленными в существующих нормативных документах [5-6] для диапазонов III, IV, V, представлено в Таблице 1.

Таблица 1 – Минимальная используемая напряженность поля для сигнала изображения систем PAL D/K, SECAM D/K (в дБ относительно 1 мкВ/м).

Стандарт	Диапазоны частот		
	174-230 МГц	470-582 МГц	582-790 МГц
ДСТУ 3837-99	55	65	65
ITU-R BT.417-5	57	67	72
Реальное расчетное значение	51,9-54	59,5-61,6	63,6-65,7

В соответствии с [8] напряженность поля, создаваемая передатчиком определяется по формуле:

$$E_{пол} = P_i + E_{med} + F(\Delta h_2) + F(\theta_{isa}) + F(t) + F(q) \quad (1)$$

где: P_i – ЭИМ передатчика, дБкВт; E_{med} – медианное значение напряженности поля для 50% мест и 50% времени, определенное по кривым распространения для соответствующего частотного диапазона и эффективной высоты антенны передатчика, для ЭИМ 1 кВт и высоте приемной антенны 10 м; $F(\Delta h_2)$ – поправочный коэффициент, учитывающий отклонение высоты приемной антенны 10 м; $F(\theta_{isa})$ – поправка по углу просвета местности, учитывающая возможное затенение приемной антенны рельефом местности или зданиями; $F(t)$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменчивость поля в зависимости от местоположений при прогнозировании покрытия в сухопутной зоне; $F(q)$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменчивость поля в зависимости от местоположений при прогнозировании покрытия в сухопутной зоне.

Используя методику, представленную в [8] и технические характеристики станций местного телевизионного вещания [1] определим зону покрытия передатчика аналогового телевизионного вещания в зависимости от частоты (Рис. 2).

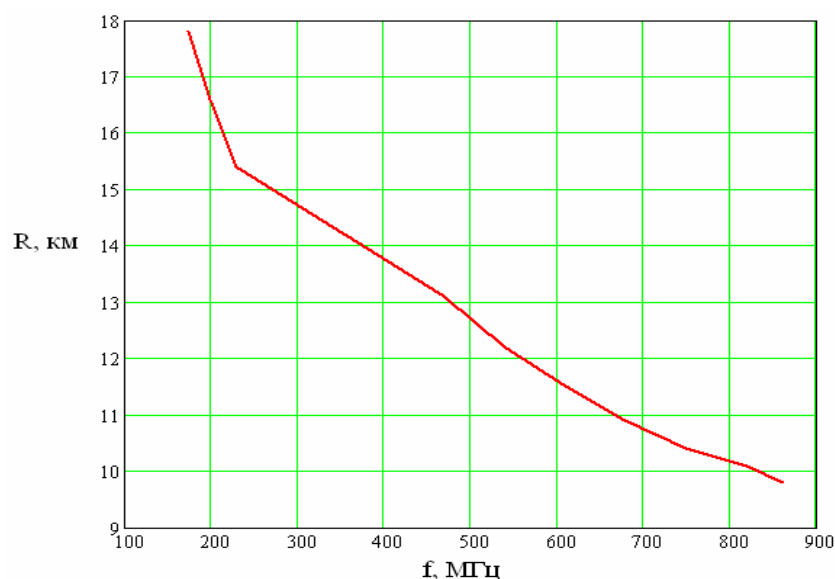


Рисунок 2 – Залежність зони покриття передатчика аналогового телевізійного мовлення від частоти

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ЦИФРОВЫМ СЕТЯМ МЕСТНОГО ВЕЩАНИЯ

Исходя из условий максимальной зоны покрытия аналогового передатчика, определим минимальные требования для станций цифрового телевидения. Учитывая то, что для обеспечения вещания 4 программ в одном мультиплексе для стандарта MPEG-4 AVC необходимо использовать параметры модуляции и скорости кодирования, которые обеспечивают скорость 10,56 Мбит/с [9], то для ширины полосы частотного канала 8 МГц и защитного интервала 1/32 необходимо использовать модуляцию ФМ-4 5/6 или более скоростную. С другой стороны при переходе на цифровое вещание необходимо снизить выходной уровень усилителя мощности на величину 4-6 дБ для минимизации нелинейных искажений DVB сигнала [10]. Поэтому для обеспечения плавного перехода от аналогового к цифровому телевидению должно выполняться следующее условие:

$$E_{\min D} = E_{\min A} - (4 - 6) \text{ дБ} \quad (2)$$

Для полосы частот 174-230 МГц необходимо применять модуляцию КАМ-64 и кодовую скорость 1/2, а для полосы 470-862 МГц соответственно КАМ-64 и 3/4. С учетом этого минимальные требования к параметрам цифрового наземного телевидения для местных вещателей предложены в Таблице 2.

Таблица 2 – Минимальные требования к параметрам цифрового наземного телевидения для местных вещателей

Параметр	Значение	
Диапазон частот, МГц	174-230	470-862
Стандарт	DVB-T	
Модуляция и скорость кодирования	ФМ-4 5/6	ФМ-4 5/6
	ФМ-4 7/8	ФМ-4 7/8
	КАМ-16 1/2	КАМ-16 1/2
	КАМ-16 2/3	КАМ-16 2/3
	КАМ-16 3/4	КАМ-16 3/4
	КАМ-16 5/6	КАМ-16 5/6
	КАМ-64 7/8	КАМ-64 7/8
Значения чистой битовой скорости, Мбит/с	10,05-18,10	10,05-27,14
	Мощность на выходе передатчика, Вт	
	20	
Высота подвеса передающей антенны над уровнем поверхности земли, м	50	
Минимальная используемая напряженность поля, дБмкВ/м	39,3–6,2	43,3 – 52,5

Кроме граничных требований к параметрам цифрового наземного телевидения для местных вещателей, определенных выше, необходимо также обеспечить возможность электромагнитной совместимости таких станций с синхронными одночастотными сетями.

Для определения исходящей помехи от синхронных сетей рассмотрим эталонную сеть RN 1 RPC 2, которая наиболее близко отражает параметры большинства зон выделений цифрового Плана Украины. При этом для большинства зон выделений более целесообразным было бы использование полузакрытых сетей с типом эталонной конфигурации планирования RPC 1. Такой подход обусловлен, прежде всего, экономическими предпосылками, а также необходимостью обеспечения электромагнитной совместимостью с присвоениями и выделениями цифрового вещания приграничных государств, а также требованием защиты от помех аналогового вещания до 2015 года. Используя принципы планирования, определенные в [11], введем понятие “сеть RN UKR” с параметрами, которые отражают существующие зоны выделений Украины. Данная сеть будет полузакрытой и состоять из 7 передатчиков. Для определения энергетических параметров разработано программное обеспечение, которое позволяет, варьируя исходные данные передатчиков, входящих в одночастотную сеть, добиться полного покрытия внутри зоны с заданными показателями качества (рис. 3). Параметры сети RN UKR, рассчитанной на фиксированный прием приведены в Таблице 3.

Таблица 3 – Параметры сети RN UKR

Параметр		RN UKR RPC1
Тип сети		Открытый
Геометрия зоны обслуживания		Шестиугольник
Число передатчиков		7
Геометрия решетки передатчиков		Шестиугольник
Расстояние между передатчиками, км		50
Диаметр зоны обслуживания, км		115
Высота антенны, м		150
Диаграмма направленности		Направленная, ослабление на 6 дБ вне сектора шестиугольника
ЭИМ, дБВт	Диапазон III	33,6+ Δ
	Диапазон IV/V	26,2 + Δ
Запас на мощность, Δ , составляет 3 дБ.		

В соответствии с принципом планирования на основе выделений параметры эталонных сетей должны учитываться при определении исходящей помехи от такой сети. При этом, в каждом конкретном случае, как расположение, так и энергетические параметры каждого передатчика будут отличаться, учитывая уже существующую структуру расположения антенно-мачтовых сооружений в каждой зоне выделения. Критерием расположения и выбора параметров передатчиков будет условие, при котором суммарная напряженность поля помехи от всех передатчиков реальной сети не должна превышать допустимой помехи от эталонной сети в каждой точке на границе соканальной зоны выделения.

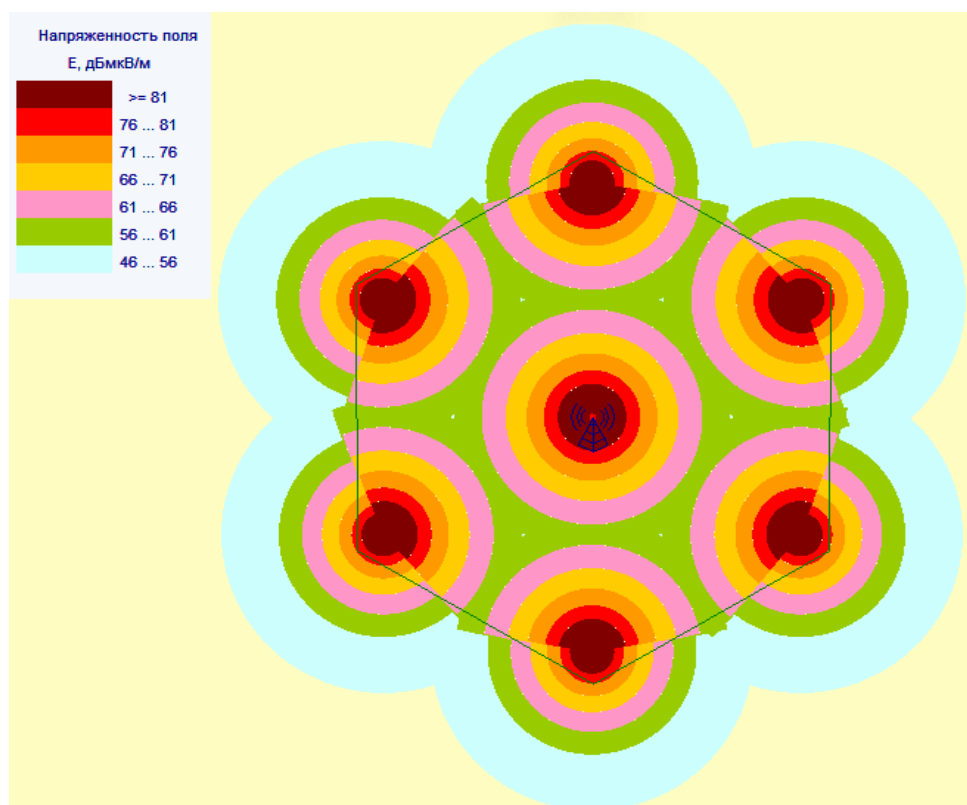


Рисунок 3 – Расположение передатчиков и зона покрытия сети RN UKR

Наиболее благоприятным является случай расположения станции аналогового местного вещания посередине между плановыми зонами выделений. В этом случае помеха по основному каналу приема будет приходиться от 21 эталонного передатчика (Рис. 4), причем уровень напряженности поля от наиболее мощных центральных передатчиков будет минимальным.

АЛГОРИТМ ПОДБОРА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВМЕСТИМОСТИ МЕЖДУ ВЫДЕЛЕНИЯМИ И ПРИСВОЕНИЯМИ В ЦИФРОВОМ ПЛАНЕ

Для обеспечения совместимости между одночастотными сетями и передатчиками местного вещания на границе зоны покрытия должно выполняться условие:

$$E_{\text{пом}\Sigma} \leq E_{\text{min}} - A_{\Sigma} - CF \quad (3)$$

где A_{Σ} – суммарное защитное соотношение; CF – объединенный поправочный коэффициент местоположений, преобразовывающий полезную и мешающую напряженности поля, которые относятся к 50% местоположений в значение, соответствующее проценту местоположений, необходимое для полезной напряженности поля:

$$CF = \mu \sqrt{\sigma_{\text{пом}}^2 + \sigma_{\text{пол}}^2} \quad (4)$$

где μ – коэффициент логарифмически нормального распределения сигнала, равный 0,52 для 70% местоположений и 1,64 для 95% местоположений [11]; $\sigma_{\text{пом}}$ – среднеквадратическое отклонение напряженности поля полезного сигнала в зависимости от местоположения; $\sigma_{\text{пол}}$ – среднеквадратическое отклонение напряженности поля мешающего сигнала в зависимости от местоположения.

Таким образом, для определения условий работы станций местных вещателей, работающих по принципу присвоений необходимо использовать следующий алгоритм:

- определение напряженности поля каждого передатчика всех ОЧС;
- суммирование напряженности поля от всех передатчиков [11];
- выбор параметров модуляции и кодирования, и соответствующего защитного отношения A , а при необходимости использование других поправок защитного соотношения.

В соответствии с описанным алгоритмом на Рисунке 4 представлено распределение напряженности поля мешающих сигналов, для средней частоты диапазона 470-862 МГц.

Наиболее важным этапом на завершающей стадии определения параметров маломощного цифрового несинхронного передатчика является подбор частотного канала, на котором будет работать данная станция. Данный подбор будет зависеть от местоположения локального передатчика относительно синхронных одночастотных сетей. Так в случае расположения станции посередине между одночастотными сетями частота местной станции будет соответствовать частоте f_1 . В случае расположения местной станции ближе к какой-либо из зон выделений будет происходить смещение частот (Рис. 5). При этом максимальный уровень напряженности поля суммарной помехи от всех мешающих передатчиков на границе зоны покрытия передатчика местного вещания будет составлять 37 дБмкВ/м.

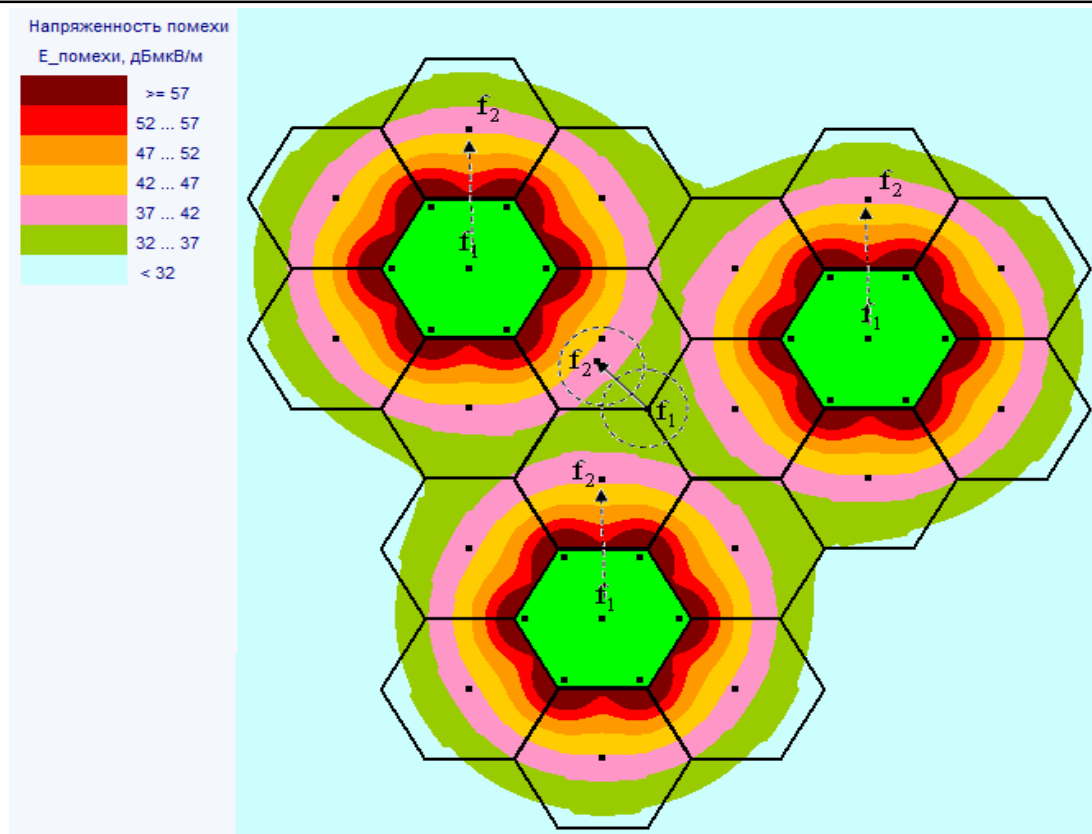


Рисунок 4 – Распределение напряженности поля суммарной помехи

Принимая во внимание, что средний радиус зоны покрытия цифрового передатчика составляет 11,5 км (для диапазона 470-862 МГц для мощности излучения 20 Вт и высоте подвеса антенны 50 м, см. Рис.2) определим параметры сигнала передатчика местного вещания, которые обеспечивают электромагнитную совместимость с синхронными одночастотными сетями.

В Таблице 4 определена допустимая напряженность поля помехи ($E_{помдоп}$) для станции на границе зоны покрытия передатчика местного вещания для всех видов модуляции, которая не должна превышать суммарного значения напряженности поля помех ($E_{пом\Sigma}$).

Таблица 4 – Допустимая напряженность поля помехи для станции на границе зоны покрытия передатчика местного вещания.

Модуляция	E_{\min} на расстоянии 11,5 км, дБмкВ/м	A , дБ	CF для 70% мест, дБ	CF для 95% мест, дБ	$E_{помдоп}$ для 70% мест, дБмкВ/м	$E_{помдоп}$ для 90% мест, дБмкВ/м
ФМ-4 5/6	53,2	10,50	4,04	12,6	38,66	30,1
ФМ-4 7/8		11,50			37,66	29,1
КАМ-16 1/2		11,00			38,16	29,6
КАМ-16 2/3		14,00			35,16	26,6
КАМ-16 3/4		15,00			34,16	25,6
КАМ-16 5/6		16,90			32,26	23,7
КАМ-64 7/8		17,50			31,66	23,1
КАМ-64 1/2		17,00			32,16	23,6
КАМ-64 2/3		20,00			29,16	20,6
КАМ-64 3/4		21,00			28,16	19,6

ВЫВОДЫ

Таким образом, возможными вариантами модуляции для станций местного вещания будут ФМ-4 5/6, ФМ-4 7/8, КАМ-16 1/2. Данные параметры удовлетворяют всем требованиям, которые предъявляются к станциям местного вещания при совместной работе с одночастотными синхронными сетями:

– соблюдаются условия электромагнитной совместимости между плановыми синхронными сетями и одиночным маломощным передатчиком локального вещания во всех направлениях;

– зона покрытия для маломощных локальных станций в цифровом режиме будет не меньше чем в аналоговом формате вещания;

– параметры модуляции и кодирования в канале DVB-T обеспечивают вещание не менее 4 программ для формата кодирования MPEG-4 AVC.

Использование предлагаемой концепции многочастотных минисетей для обеспечения местных телевещателей в условиях цифрового Плана при его реализации создаст благоприятные условия для полного удовлетворения информационных потребностей всего многообразия спектра пользователей.

Литература

1. Маковеев Д.А. Частотное планирование внедрения цифрового ТВ вещания на общенациональном, региональном и местном уровнях. – Проблемы внедрения цифрового вещания на загальнонаціональному, регіональному та місцевому рівні : матеріали Міжнародної наук.-практ. конф., Одеса, 24 – 25 квітня 2008 р. / Незалежна асоціація телерадіомовників. – С. 31 – 35.
2. Державний реєстр телерадіоорганізацій України [Електронний ресурс], станом на 1.01.2010 / Національна рада України з питань телебачення і радіомовлення, – К.: 336 С., 2009. – Режим доступу до сторінки – www.nam.org.ua.
3. Пост-реліз за результатами Міжнародної науково-практичної конференції «Регіональні та місцеві канали: способи поширення у цифровому форматі» [Електронний ресурс], Київ, 2009. – Режим доступу до сторінки – www.nrada.gov.ua.
4. Локшин М.Г. Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания / Локшин М.Г., Шур А.А., Кокорев А.В. – М. : Радио и связь, 1988. – 144 с.
5. Минимальная напряженность поля, которая должна быть защищена при планировании аналоговой наземной радиовещательной службы: ВТ 417-5. – Офиц. изд. – Женева: Сектор Радиосвязи МСЭ-Р, 2002. – 2 с. (Рекомендации МСЭ-Р).
6. Телебачення мовне. Системи аналогового телебачення звичайної чіткості. Основні параметри та методи вимірювання : ДСТУ 3837-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К.: Держпоживстандарт України 2000. – 41 С. – (Національний стандарт України).
7. Локшин М. Проблемы построения сетей цифрового телевидения / Марк Локшин // Электросвязь. – 2007. – № 3. – С. 27–29.
8. Метод прогнозирования трасс “точка-зона” для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц: Р.1546-3. – Офиц. изд. – Женева: Сектор Радиосвязи МСЭ-Р, 2007. – 57 с. (Рекомендации МСЭ-Р).
9. Вуд Д. Современное состояние телевизионных технологий и методов оценки качества телевизионных изображений / Девід Вуд // Праці УНДІРТ. – 2007. – № 2 (50) – № 3 (51). – С. 22-43.
10. Шевченко Ю.П. Методи побудови передавачів цифрового ТВ мовлення. – Технології цифрового мовлення: стратегія впровадження” (DVB-2007): матеріали Міжнародної науково-технічної конференції., Одеса, 22 – 26 июня 2008 р. / Одесская национальная академия связи им.А.С. Попова. – С. 31 – 35.
11. Заключительные Акты Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях районов 1 и 3 в полосах частот 174-230 МГц и 470-862 МГц): РКР-06. – Офиц. изд. – Женева : Сектор Радиосвязи МСЭ-Р, 2006. – 301 с. (Заключительные акты Региональных конференций Радиосвязи).