

УДК 355.583(075)

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ ТРАНКІНГОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ
В СИСТЕМІ ОПОВІЩЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

Білоусов С.І.

*Одеська національна академія зв'язку імені О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Ковальська, 1.*

kafedra.autp@onat.edu.ua

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА ПОСТРОЕНИЯ ТРАНКИНГОВОЙ РАДИОСВЯЗИ
В СИСТЕМЕ ОПОВЕЩЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

Белоусов С.И.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.*

kafedra.autp@onat.edu.ua

**USING THE PRINCIPLE OF BUILDING A TRUNKING RADIO COMMUNICATION
IN THE WARNING SYSTEM OF CIVIL DEFENSE**

Bilousov S.I.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1, Kovalska st., Odessa, 65029, Ukraine*

kafedra.autp@onat.edu.ua

Анотація. Застосування принципу побудови системи транкінгового радіозв'язку для попередження населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій

Ключові слова: Цивільний захист, система оповіщення, транкінговий радіозв'язок

Аннотация. Использование принципа построения системы транкинговой радиосвязи для предупреждения населения в случае возникновения чрезвычайных ситуаций

Ключевые слова: Гражданская оборона, система оповещения, транкинговая радиосвязь.

Annotation: Using the principle of building a trunking radio communication system to alert people in case of emergencies

Key words: Civil defense, warning system, trunking radio communication.

Призначення та структура системи транкінгового радіозв'язку.

Система транкінгового радіозв'язку призначена для виконання наступних функцій:

- забезпечення радіотелефонного обміну абонентів стаціонарного та мобільного базування;
- забезпечення автоматичного виходу абонентів у відомчу АТС та в мережу зв'язку загального користування;
- створення транспортної радіомережі передавання команд оповіщення локальної (спеціальної) системи оповіщення для населення, яке проживає в зоні можливого ураження.

Центральний вузол включає в себе регіональний керувальний процесор RCP і керований ним цифровий комутатор PCM SWITCH. Схема електричних з'єднань центрального вузла зображена рис. 1

Регіональний керувальний процесор забезпечує узгоджену роботу всіх сайтів і цифрового комутатора. Всі дзвінки абонентів, які потребують застосування міжсайтового зв'язку (вхідні та вихідні телефонні дзвінки мобільних абонентів різних сайтів), обслуговуються під управлінням RCP. Крім того, через RCP здійснюється управління системою з системного терміналу та зняття облікової інформації з сайтів. Регіональний керувальний процесор з'єднується з системним терміналом, цифровим комутатором та інтерфейсами управління сайтами через порти RS-232. Для цього використовують зовнішні модеми типу Zuxel U336S.

Цифровий комутатор призначений для комутації всіх телефонних та міжсайтових ліній

зв'язку, що є в системі. Таким чином, через нього проходять з'єднання між абонентами, що знаходяться в різних сайтах, а також з'єднання з абонентами телефонної мережі. Комутатор складається з набору ідентичних комутувальних плат (карт РСМ-4РС), встановлених в загальний конструктив, який містить також загальне для всіх плат джерело живлення. Кожна комутувальна плата забезпечує підключення чотирьох двопровідних або чотирипровідних ліній, дві з яких підключено до відомчої ПАТС «Alkatel» або до АТС загальнодержавної телефонної мережі. Загальна кількість плат визначається складом відомчої системи транкінгового радіозв'язку протоколу МРТ-1327.

Максимальна кількість плат в конструктиві – 16. За необхідності для сполучення транкінгових систем кількість конструктивів може бути збільшено до трьох.

Сайт може містити до 24 радіоканалів. Для повної реалізації всіх переваг системи, один з каналів, виділений в якості контрольного для застосування його під час приймання запитів від мобільних радіостанцій та передавання для них керувальної інформації, а також застосування транспортно-го рівня під час управління кінцевими засобами оповіщення. Два канали сайту використовують безпосередньо для здійснення радіозв'язку, тобто вони є трафіковими. Для забезпечення максимальної пропускної здатності системи, коли довжина черги запитів на з'єднання перевищує деякі порогові значення, контрольний канал також переводиться в режим обслуговування трафіку.

Інтерфейс управління сайтом SCI забезпечує узгоджену роботу всіх радіоканалів, що входять в сайт під керуванням RCP. Зв'язок між SCI і регіональним керувальним процесором здійснюється по послідовному інтерфейсу з застосуванням модемів та виділеного каналу тональної частоти (ТЧ). Зв'язок з контролерами радіоканалів проводиться послідовно по магістралі, яка об'єднує всі цифрові пристрої сайту.

Контролер радіоканалу забезпечує приймання і передачу керувальних даних по радіо через керований ним прийомопередавач. Контролер здатний підтримувати, як контрольний, так і трафіковий канал. Таким чином, контрольний канал може працювати в трафіковому режимі і навпаки. Надійність функціонування системи збільшена процедурою переключення трафікового каналу в режим контрольного при відмові штатного контрольного каналу. Контролер з прийомопередавачем з'єднаний через спеціальні роз'єми штатними кабелями.

Основу обладнання базових станцій (БС) становлять приймачі MTR2000. При обслуговуванні внутрішньосайтових сполук прийомопередавач працює в режимі ретранслятора.

При обслуговуванні міжсайтових і телефонних зв'язків прийомопередавач посиляє прийнятий низькочастотний (НЧ) сигнал через лінію міжсайтового зв'язку в цифровий комутатор і отримує звідти переданий НЧ сигнал. MTR2000 працює в дуплексному режимі, має вихідну потужність понад 50 Вт і чутливість 0,2-0,4 мкВ, допускає безперервну роботу на передачу.

Антенно-фідерні пристрої сайту забезпечують випромінювання і приймання високочастотних радіосигналів, а також поділ переданих і прийнятих частот на входах/виходах MTR2000. При проектуванні враховуються стандартні для всіх радіосистем вимоги – максимальна висота установки антен, мінімальні втрати потужності переданого і прийнятого сигналів в елементах приймально-передавального тракту, достатня розв'язка виходів передавачів.

При організації трьох і більше каналів застосовується загальна антена на приймання і передачу DB636A, фідер і дуплексний фільтр, а також комбайнер і розгалужувач для складання переданих та прийнятих сигналів відповідно.

Основні технічні характеристики обладнання базових станцій:

- число радіоканалів - від 3 до 5;
- потужність випромінювання в антені не більше 25 Вт;
- чутливість радіоприймальних пристроїв не більше 0,25 мкВ при співвідношенні сигнал/шум 12 дБ;
- потужність, споживана від мережі 220 В, не більше 600 Вт;
- тип з'єднувальних ліній – чотирипровідні канали ТЧ;
- протокол роботи системи – МРТ-1327.

Для прямих з'єднань з центральною базовою станцією використовуються виділені канали аналогової системи SMC 360 з переі прийманням на НС-13 в системі ІКМ-30.

Для організації терміналу управління системою використовується будь-який комп'ютер Pentium III – 450 або вище. Для роботи з системою використовується спеціалізована програма SYSCON, яка має високорозвинений користувальний інтерфейс.

Основні операції, що проводяться із застосуванням терміналу:

- підключення та відключення абонентів;
- зміна їх прав доступу та послуг;
- модифікація оперативно змінюваних параметрів системи;
- зняття облікової інформації;
- контроль роботи системи.

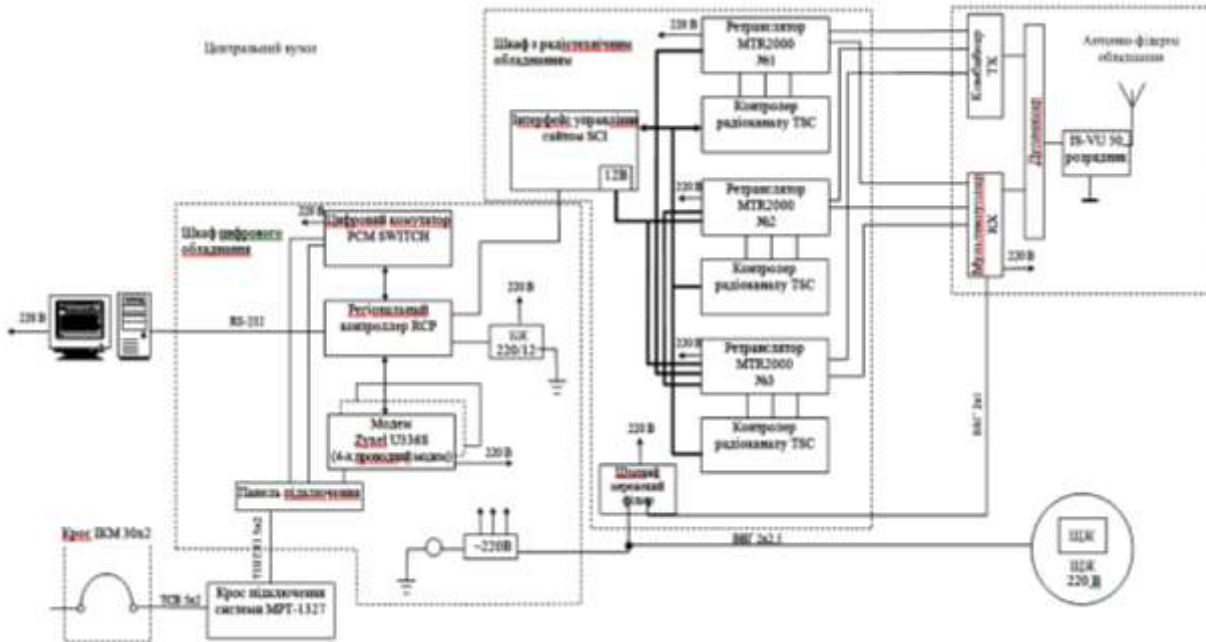


Рисунок 1 – Схема електричних з'єднань центрального вузла

Доступ до системи через програму SYSCON обмежений системою паролів, що надають різні права – від максимальних (будь-які можливі модифікації параметрів системи) до мінімальних (тільки перегляд станів).

Системний аналізатор R-2680 Communications System Analyzer MPT-1327 Trunking Option призначений для визначення параметрів і технічних характеристик абонентських і стаціонарних радіостанцій системи стандарту MPT-1327.

Для створення транкінгової системи радіозв'язку запропоновано застосування обладнання FYLDE MICROSYSTEMS. В якості радіостанцій в такій системі використовуються станції типу MOTOROLA GP1280, GP640, GP680 і GM1280, GM640, GM680. Також можна використовувати радіостанції інших типів, що підтримують стандарт MPT-1327.

Варіант розрахунку зони радіо покриття від базових станцій (БС)

Розрахунок проводять по методиці розрахунку величини необхідної напруженості поля корисного сигналу в точці приймання та за графіками, рекомендованими МСЕ-Р для визначення очікуваної дальності дії станції.

Графіки МСЕ-Р, які є основою пропонованої методики розрахунку, побудовано при вихідних даних:

- а) напруженість поля корисного сигналу створюється передавачем з ефективно випромінюваною потужністю 1 кВт;
- б) приймальну антену встановлено на висоті 10 м;
- в) напруженість поля сигналу наведено в точці приймання, а не на вході приймача (ПРМ);
- г) значення напруженості поля корисного сигналу мають місце протягом 50 % часу і в 50 % пунктів приймання.

У конкретних системах зв'язку значення цих вихідних даних можуть бути іншими. Тому для визначення напруженості поля корисного сигналу в розрахункову формулу слід вносити відповідні поправки, що враховують різницю вихідних параметрів (потужності передавача (ПРД), висоти установки приймальної антени, електричних даних антен та ін.).

Необхідну напруженість поля в точці приймання визначають виходячи з того, що враховують усі перераховані вище поправки. Рівень поля корисного сигналу в точці приймання повинен перевищувати рівень шумів в точці приймання на задану величину відношення сигнал/шум на вході приймача (ПРМ):

$$E_{\text{необх}} = N_{\text{ш}} + \left(\frac{S}{N} \right)_{\text{вх}} + Bp_{\text{екв}} + Bh_2 + B_{\text{рельєф}} + \sigma_R, \quad (1)$$

де

$E_{\text{необх}}$ – необхідний рівень напруженості поля корисного сигналу, дБ/мкВ/м;

$N_{\text{ш}}$ – рівень шумів в точці приймання, дБ/мкВ/м;

$\left(\frac{S}{N} \right)_{\text{вх}}$ – відношення сигнал/шум на вході ПРМ, відповідне заданому відношенню на виході, дБ;

$Bp_{\text{екв}}$ – поправка, що враховує відміну еквівалентної потужності ПРД від потужності 1 кВт, для якої складено графіки МСЕ-Р, дБ;

Bh_2 – поправка, що враховує відміну висоти установки приймальної антени від висоти 10 м; для якої складені графіки МСЕ-Р, дБ;

$B_{\text{рельєф}}$ – поправка, що враховує відміну реального рельєфу місцевості від прийнятого при складанні графіків МСЕ-Р, дБ;

σ_R – нерівномірність діаграми направленості (ДН) приймальної антени в горизонтальній площині, дБ.

Сумарний шум в точці приймання ($N_{\text{ш}}$) складається із зовнішніх шумів в точці приймання і власного шуму ПРМ, наведеного в точці приймання, і може бути визначений за формулою

$$N_{\text{ш}} = \sqrt{N_{\text{вн}}^2 + \frac{P_R^2 \cdot (\alpha L)_R^2}{\left(\frac{S}{N} \right)_{\text{вх}}^2 \cdot h_{\text{діюча}}^2}}, \quad (2)$$

де

$N_{\text{ш}}$ – рівень сумарного шуму в точці приймання, мкВ/м;

$N_{\text{вн}}^2$ – рівень зовнішніх шумів в точці приймання, мкВ/м;

P_R^2 – номінальна чутливість ПРМ, мкВ;

$\frac{S}{N}$ – номінальне відношення сигнал/шум на вході ПРМ, при якому задана чутливість ПЗМ (відносно до одиниці);

$(\alpha L)_R^2$ – загасання в антенному тракті ПРМ (відносно до одиниці);

$h_{\text{діюча}}^2$ – діюча висота приймальної антени, м.

Поправку на еквівалентну потужність ПРД $Bp_{\text{екв}}$ можна визначити за формулою, що враховує:

- а) номінальну потужність ПРД;
- б) загасання у фільтрах і фідері;
- в) підсилення передавальної антени;
- г) нерівномірність ДН передавальної антени в горизонтальній площині

$$B_{p_{\text{екв}}} = B_{p_{\text{ном}}} + B_C + B_M$$

$$B_{p_{\text{екв}}} = B_{p_{\text{ном}}} + B_{\Phi} + B_H + (\alpha L)_T - \sigma_T - G_T, \quad (3)$$

де

$B_{p_{ном}}$ – поправка, що враховує відміну номінальної потужності ПРД від потужності в 1 кВт, для якої побудовано графіки МСЕ-Р, дБ;

B_{ϕ} – загасання в резонаторних і мостових фільтрах, антенних роздільниках та ін., дБ;

$B_{н}$ – загасання в неоднорідностях антенно-фідерного тракту передавання, дБ;

$(\alpha L)_{т}$ – загасання в фідері передавальної антени, дБ;

$\sigma_{т}$ – нерівномірність ДН передавальної антени в горизонтальній площині, дБ;

$G_{т}$ – коефіцієнт підсилення передавальної антени, дБ.

Для проведення розрахунків слід визначити значення величин, що входять у формулу (4.1). Як приклад зробимо розрахунок для БС 12Ц4.

Варіант зони покриття для БС 12Ц4

Вихідні дані представлено в таблиці 4.1

Таблиця 1 – Вихідні дані

Найменування параметра	Значення
Потужність ПРД (РТ), Вт (на виході антени)	25
Діапазон частот ПРД, МГц	403–430
Висота підвісу антени, (P), м	52
Коефіцієнт підсилення антени БС (G_0), дБ	6
Коефіцієнт підсилення антени АС (G), дБ	0
Довжина кабелю в антенному фідері L, м	73
Погонне загасання кабелю на частоті 1000 МГц, дБ/100 м	4,1
Втрати при узгодженні, дБ	1
Чутливість ПРМ абонентської станції (P_r) (при співвідношенні S/N = 12 дБмкВ), дБВт	-147
Нерівномірність діаграми направленості антени БС, дБ	0
Загасання в комбайнері, дБ	3,5
Загасання в дуплексері, дБ	1,0

Варіант розрахунку напруженості поля

Визначимо величину сумарного шуму в точці приймання. Рівень зовнішніх шумів згідно зі статистичними даними для замських умов приймаємо рівним $N_{ш} = 0,5$ мкВ/м.

Загасання в антенному тракті приймання (для абонентської станції (АС)):

$$(\alpha L)_{т} = 1 \text{ дБ},$$

Значення діючої висоти приймальної антени визначаємо за формулою:

$$h_{д} = \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{0,72}{6,28} = 0,1146 \text{ м},$$

Підставляючи знайдені значення величин в формулу (4.2), отримаємо рівень сумарних шумів, в точці приймання при співвідношенні сигнал/шум на вході ПРМ, що дорівнює 12 дБ

$$N_{ш} = 10 \lg \left(0,5^2 + \frac{0,3^2 \cdot 1^2}{3,98^2 \cdot 0,1146^2} \right) = -1,66 \text{ дБ}$$

Поправку на еквівалентну потужність ПРД визначаємо за формулою (4.3).

Загасання в фільтрах передавання B_0 визначається загасанням в комбайнері і загасанням в дуплексері, що становить 3, 5 і 1 дБ відповідно.

Поправку загасання на неоднорідностях тракту $B_{н}$ приймаємо рівною 1 дБ.

Загасання кабелю 7/8 (погонне загасання 4,1 дБ/100 м на частоті 1000 МГц) для середньої частоти ПРД 416,5 МГц складе

$$\alpha = 2,65/100 \text{ м}.$$

Тоді з урахуванням довжини кабелю L, що дорівнює 73 м

$$(\alpha L)_{т} = \frac{2,65 \cdot 73}{100} = 1,93 \text{ дБ}.$$

Значення поправки на номінальну потужність ПРД за умови максимальної потужності на виході антени, що не перевищує 25 Вт складе

$$B_{p_{ном}} = 14,59 \text{ дБ}.$$

Підставляючи дані значення у формулу (4.3), отримаємо

$$B_{p_{\text{скв}}} = 14,59 + 4,5 + 1,0 + 1,93 - 0 - 6 = 16,02 \text{ дБ}$$

Визначаємо поправку на висоту приймальної антени для

$$h_2 = 1,7 \text{ м}, B_{h_2} = +7,7 \text{ дБ}.$$

Підставляючи знайдені значення в формулу (4.1), знаходимо необхідну напруженість поля в точці приймання

$$E_{\text{необ}} = -1,66 + 12 + 16,02 + 7,7 - 0 = 34,06 \text{ дБмкВ/м}.$$

Очікувана дальність для висоти підвісу антени ПРД БС рівною 52 м складе

$$R = 38\bar{6},66 \text{ км}.$$

Розрахункова дальність зв'язку відповідає 50 % часу та 50 % місць приймання для рельєфу місцевості з середнім значенням переходу висот $\Delta h = 50$ м. Для дуже жорстких умов 90 % місць і 90 % часу приймання, необхідна напруженість поля складе

$$E_{\text{необх } 90} = E_{\text{необх } 50} + B_{\% \text{ місць}} + B_{\% \text{ часу}} = 34,06 + 11,2 + 2 = 47,26 \text{ дБмкВ/м},$$

що відповідає дальності зв'язку, відповідно

$$R_{90} = 23,54 \text{ км}.$$

Далі визначаємо поправку на рельєф місцевості, оскільки всі розрахункові (експериментальні) графіки наведені для перепаду висот $\Delta h = 50$ м.

Для цього знімаємо профілі місцевості по кожному напрямку (азимуту) навколо БС (не більше ніж через 15°). Профілі враховують вплив кривизни землі і поправку на рефракцію. По кожному напрямку визначаємо істинний перепад Δh .

Тоді, з урахуванням поправки на рельєф місцевості (середній перепад висот $\Delta h = 10$ м в напрямку до БС 12Ц2 до межі зони обслуговування), напруженість поля та відповідна дальність зв'язку складають:

$$E_{\text{необх } 90} = 47,26 - 9,1 = 38,16 \text{ дБмкВ/м}, R_{90} = 34,7 \text{ км}.$$

Отриманий результат не дозволяє зробити висновок про достатність радіуса зони обслуговування, щоб забезпечити зв'язок на всьому протязі ділянки між БС 12Ц4 і БС 12Ц2, який складає 55 км. Для цього розрахуємо дальність зв'язку від БС 12Ц2 в напрямку БС 12Ц4.

4 Варіант розрахунку дальності зв'язку від БС 12Ц2

В якості вихідних даних використовують ВД і результати розрахунків попереднього підрозділу.

Визначимо приріст загасання в антенному кабелі за формулою

$$\Delta B = \alpha L_{12} - \alpha L_{124} \text{ дБ} \quad (4)$$

де L_{124} , L_{12} – довжина кабелю антенно-фідерного тракту БС 2Ц4 і БС 12Ц2 відповідно;

α – погонні загасання кабелю на робочій частоті (визначено раніше).

Тоді

$$\Delta B = \frac{2,65 \cdot (75 - 73)}{100} = 0,053 \text{ дБ},$$

Напруженість поля, з урахуванням поправки на довжину кабелю, визначаємо за формулою

$$E_{\text{необх}} = E_{\text{необх } c4} + \Delta B \text{ дБ}, \quad (5)$$

$$E_{\text{необх}} = 47,26 + 0,053 = 47,313 \text{ дБмкВ/м},$$

При цьому дальність зв'язку

$$R_{90} = 23,2 \text{ км}.$$

Слід зазначити, що даний підхід до визначення зони покриття від БС 12Ц2 відповідає ПРД з фіксованою потужністю. В системі МРТ потужність програмується, тому додаткове загасання, ви-

кликане зміною довжини антенного кабелю, можна компенсувати зміною потужності ПРД. Тоді напруженість поля для БС 12Ц2 буде такою ж, як і для БС 12Ц4, тобто 47,26 дБмкВ/м (за ймовірності неспотвореного зв'язку не менше 0,9) і відповідної дальності – 23,54 км.

З урахуванням рельєфу місцевості в напрямку БС 12Ц4 ($\Delta h = 45$ м і відповідна цьому значенню поправка – 1,138 дБ) дальність зв'язку складе

$$R_{90 \text{ рельєф}} = 25,54 \text{ км.}$$

5 Результати варіантів розрахунку

Як показують проведені вище варіанти розрахунків зони обслуговування БС 12Ц4 і 12Ц2 перебиваються, тим самим забезпечується зв'язок з імовірністю 0,9 на самій довгій ділянці. Результати варіантів розрахунків для решти БС представлені в табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Результати варіантів розрахунків

Найменування БС	Висота підвісу антени, м	Радіус зони обслуговування для 50 % місць і 50 % часу приймання, км	Радіус зони обслуговування для 90 % місць і 90 % часу приймання, км	Примітка
13Ц1	52	38,47	23,54	Для $\Delta h = 50$ м
НС -13	28	30,15	18,00	Те ж
ЦРБ	32	31,79	19,11	Те ж
12Ц4	52	38,47	23,54	Те ж
12Ц2	52	38,47	23,54	Те ж

Для стаціонарних станцій оповіщення (ССО) з висотою підвісу приймально-передавальної антени 8 м напруженість поля в точці приймання (на прикладі БС 12Ц2) збільшиться (за інших рівних умов з АС) на 6,7 дБ, що відповідає збільшенню дальності зв'язку при $\Delta h = 50$ м до

$$E_{\text{необх ссо}} = 47,26 - 6,7 = 40,56 \text{ дБмкВ/м, } R_{90 \text{ ссо}} = 32,5 \text{ км.}$$

Якщо врахувати різницю коефіцієнтів підсилення антен (8 дБ) АС і ССО, то

$$E_{\text{необх ссо}} = 40,56 - 8 = 32,56 \text{ дБмкВ/м,}$$

що відповідає

$$R_{90 \text{ ссо}} = 46,2 \text{ км}$$

і зв'язок буде забезпечено (з імовірністю не менше 0,9) на ділянці проєктованих БС.

Слід зазначити, що за межами цих відстаней зв'язок не припиниться, а лише погіршиться, тобто відношення сигнал/шум на виході ПРМ зменшиться і забезпеченість зв'язку за часом і місцем буде менше заданих. Так, наприклад, зниження співвідношення сигнал/шум з 12 дБ до 7 дБ дасть приріст радіуса зон радіопокриття, приблизно, до 10 км.

Таким чином, можлива побудова радіокерованої автоматизованої системи оповіщення (РКАСО) з застосуванням базових станцій транкінгового зв'язку (рис. 2)

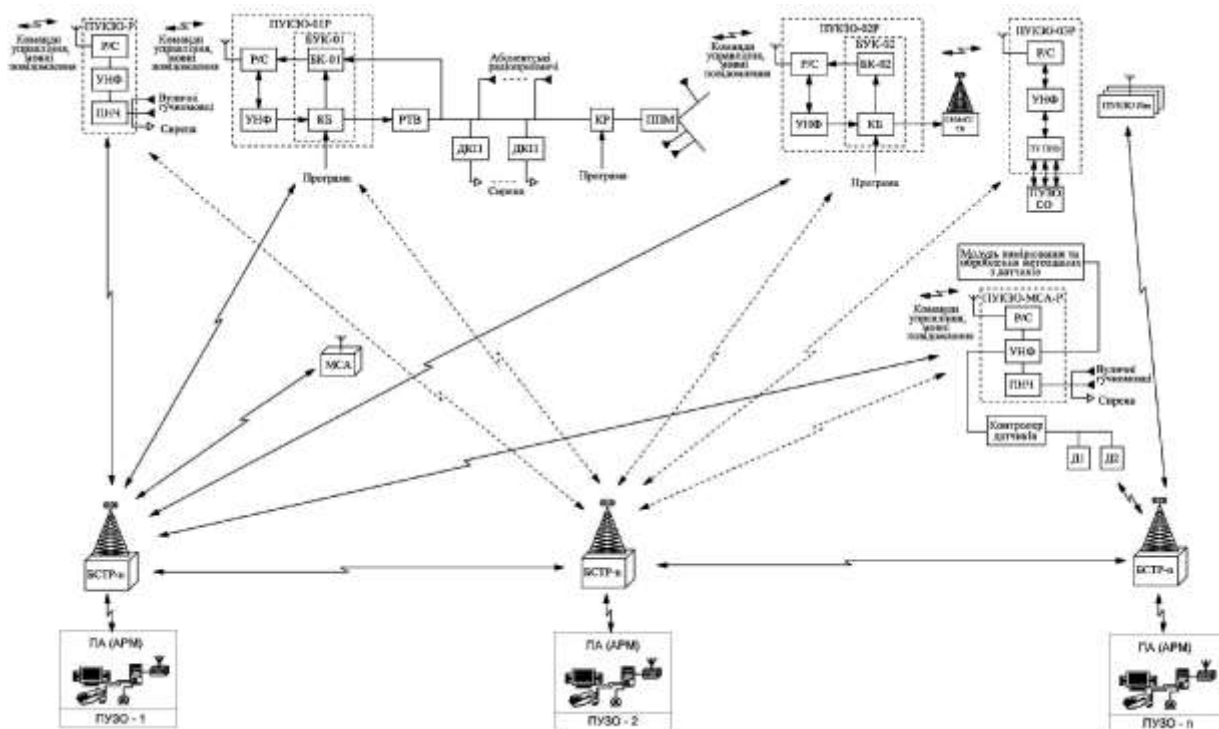


Рисунок 2 – РКАСО з застосуванням базових станцій транкінгового зв'язку

РКАСО – це програмно-апаратний комплекс технічних засобів, який дозволяє будувати станції оповіщення будь-якої конструкції та протяжності, а також дозволяє наділити її додатковими необхідними функціями, що значно підвищує її живучість з управління засобами оповіщення без додаткових матеріальних витрат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білоусов С.І. Системи оповіщення цивільного захисту: Навчальний посібник. / С.І. Білоусов. – Частина 2. Одеса-2013. – 57 с.
2. Bilousov S.I, Shvets O.V. Control of broadcasting stations and the broadcasting nodes in civil defense warning system / Цифровые технологии. – 2013. – № 13. – С. 136-139
3. Емельянов В.В., Назаренко В.В. Транкинговая радиосвязь: Учебное пособие. – ХНУРЭ, 2000. – 224 с.
4. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – P. 379–423
5. ETR 069 Radio Equipment and Systems (RES); High Performance Radio Local Area Network (HIPERLAN) Services and facilities. February 1993.
6. Білоусов С.І., Русаловський В.Б. Радіокерована система оповіщення на базі транкінгового радіозв'язку / Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, № 4 – 2013 р. м. Хмельницький. – С. 180–185.

REFERENCES:

1. Bilousov S. I. Notification systems of civil defense: Training manual / S.I. Bilousov — Part 2. The object, local and special automated systems of notification of civil defense, Odessa. – 2013. – 57 p.
2. Bilousov S. I. Control of broadcasting stations and the broadcasting nodes in civil defence warning systems // S. I. Bilousov, O.V. Shvets // Digital Technologies. – 2013. – № 13. – P. 133–136
3. Emelyanov V.V., Nazarenko V.V. The trunking radio communication – Kharkov, 2000. – 224 p.
4. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – P. 379–423
5. ETR 069 Radio Equipment and Systems (RES); High Performance Radio Local Area Network (HIPERLAN) Services and facilities. – February 1993.
6. Bilousov S. I., Rusalovsky V.B. Radio-controlled warning system based trunking radio communication // Measuring and computing tools in technological processes. – 2013. – № 4. – P. 180–185.