

УДК 614.84

В.М. Гвоздь, к.т.н., доц., Д.В. Лагно, І.А. Черниш,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Подано основні напрямки вдосконалення оперативно-диспетчерських систем радіозв'язку пожежно-рятувальних підрозділів. Головним напрямком роботи обрано пошук шляхів вдосконалення конвенціональних систем радіозв'язку, як таких що є основним засобом оперативного радіозв'язку пожежно-рятувальних підрозділів.

Ключові слова: оперативно-диспетчерський радіозв'язок, конвенціональні системи, кодування, субтон, фідер.

Огляд проблеми оснащення підрозділів радіосистемами. Системи зв'язку є одними з найголовніших засобів, що забезпечують постійне управління оперативно-рятувальними підрозділами та дозволяють координувати дії зі службами взаємодії при виникненні та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). Автоматизовані системи оперативного управління, які розгорнуто для управління оперативно-рятувальними підрозділами також базуються на системах зв'язку, в тому числі радіозв'язку.

Сьогодні в області професійного мобільного радіозв'язку (ПМР) спостерігається бурхливий розвиток найбільш високотехнологічних систем – систем транкового, у тому числі цифрового транкового радіозв'язку. Проте звичайні системи з фіксованими каналами (конвенціональні) зберігають свою нішу. Основний режим конвенціональних систем радіозв'язку – конференц-зв'язок, як і раніше найбільш ефективний для диспетчерських служб оперативно-рятувальних підрозділів, правоохоронних органів тощо [1, 2]. У зв'язку з цим, удосконалення конвенціональних систем ПМР і сьогодні залишається актуальним завданням.

Огляд існуючих підходів до вирішення проблеми. Метою вдосконалення конвенціональних систем зв'язку повинно бути подолання специфічних недоліків, таких, як обмежена зона зв'язку й обмежений набір послуг, які надаються мережею. Оскільки абонентами конвенціональних мереж є не технічні пристрої, а користувачі, поліпшення характеристик мережі повинно йти в напрямку підвищення комфортності роботи абонентів, підвищення суб'єктивного сприйняття якості зв'язку.

Основними напрямками вдосконалення можна назвати наступні [2]:

1. надання різних сервісів абонентам при збереженні оперативності доступу до системи й простоти користування радіозасобами;
2. поліпшення суб'єктивної якості й підвищення комфортності сприйняття мови;
3. розширення зони дії системи й покращення покриття усередині зони (усунення «білих плям» і завмирань).

Постановка завдання підвищення ефективності систем зв'язку. Ці завдання ефективно вирішуються при переході до цифрових форматів зв'язку [3]. Однак, пропозиція цифрових абонентських і базових станцій сьогодні на ринку недостатня, цифрові станції помітно дорожче аналогових [4]. Крім того, споживачі, зокрема підрозділи Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС) мають велику кількість аналогових станцій, ресурс яких не вичерпаний. Більшість сучасних аналогових радіостанцій є надійними й високоякісними виробами з характеристиками, близькими до технологічної межі.

Таким чином, *головною задачею* є розробка програми модернізації існуючих конвенціональних мереж радіозв'язку МНС з метою збільшення переліку послуг, які можуть надаватися абоненту, підвищення якості зв'язку, а також ефективного радіусу дії систем

зв'язку. При цьому, основну увагу слід звернути на вдосконалення у межах аналогового формату. Технічною стороною завдання є збільшення енергетики радіоліній в межах прийнятого діапазону (148 МГц), а також розбірливості мовлення (згідно ГОСТ 16600-72).

Надання додаткових сервісних послуг системами зв'язку. Основним сервісом конвенціональних мереж є голосовий зв'язок. Надання додаткових сервісів можливе за допомогою різних систем сигналізації й вбудованих аналогових і цифрових модулів.

Професійні радіостанції завжди мають набір вбудованих функцій сигналізації, що може бути розширений за допомогою додаткових модулів. Обробка сигналізації є основною функцією контролерів.

Субтональна сигналізація. Субтональна сигналізація (рис.1) заснована на безперервній передачі керуючого сигналу в нечутному діапазоні (0...300 Гц) частот модулюємого сигналу разом з мовним сигналом у діапазоні 300...3400 Гц. Застосовують сигналізацію з кодуванням безперервним тоном (CTCSS) або цифровим кодом (DCS). Система CTCSS більш завадостійка, ніж DCS, але має менший набір субтонів (кодів). Застосування даного типу сигналізації є найбільш розповсюдженим способом шумоподавлення й доступу до базової станції (ретранслятора).

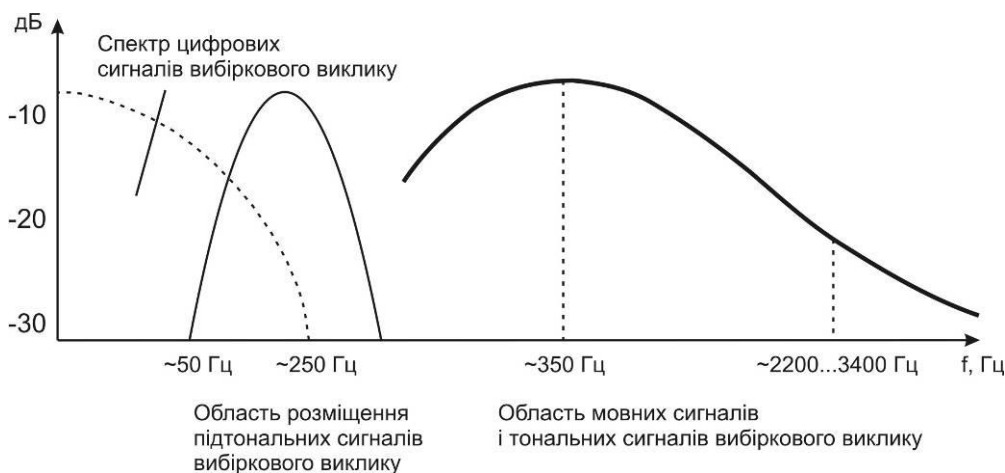


Рисунок 1 – Границі розміщення сигналів вибіркового виклику

Субтональна сигналізація може бути успішно використана для організації виділених груп абонентів на одному частотному каналі, що дозволяє у випадку невисокого завантаження заощаджувати частотний ресурс. При цьому чують один одного лише абоненти своєї групи.

Контролери ретрансляторів (наприклад, 38А и 38МАХ виробництва ZETRON) дозволяють гнучко організовувати групи абонентів, і використати різні налаштування для груп. Надаються можливості:

- обліку ефірного часу по кожній групі;
- обмеження часу безперервної роботи групи з метою зниження ймовірності блокування ретранслятора для інших груп;
- комутації додаткового устаткування (пристроїв обробки мови, антен тощо) при виході в ефір абонентів певної групи;
- використання різних кодів сигналізації на прийом і передачу для здійснення зв'язку між групами і організацію підгруп з різними можливостями й обмеженнями;
- автоматичної передачі короткого сигналу, що означає кінець фрази.

Алгоритм декодування CTCSS і DCS дозволяє в реальних умовах ефективно декодувати субтони навіть зі слабкого сигналу, коли мова перебуває на грані розбірливості. Це досить важливо при забезпеченні максимальної дальності радіозв'язку, оскільки в цьому випадку сигналізація не обмежує зону дії радіосистеми.

Тональна сигналізація. Більш широку номенклатуру сервісів надає використання тональної сигналізації. Це в першу чергу DTMF (телефонна тональна сигналізація), а також 2- або 5/6-тонова послідовна сигналізація. Сигнальні посилки передаються в чутному (300...3400 Гц) діапазоні частот у проміжках між мовними повідомленнями.

Можливості тональної сигналізації:

- додаткова систему шумоподавлення;
- селективний виклик конкретних абонентів і груп абонентів;
- установка тимчасового з'єднання із групою абонентів, що має інший субтональний код, підключення додаткових пристроїв або антен, дистанційне настроювання базової станції (контролери ретрансляторів 48jr виробництва ZETRON і TP-154plus виробництва CSI);
- використання тональних сигналів для доступу до ретранслятора (TP-154plus, вбудовані контролери ретрансляторів ICOM IC-FR3000/4000);
- організація телефонних з'єднань із мобільними абонентами.

Тональна сигналізація в порівнянні із субтональною менш завадостійка, тому використання її для доступу до базової станції й селективних викликів може помітно скоротити дальність радіозв'язку. Проте за допомогою тональної сигналізації успішно вирішується завдання персональної ідентифікації абонента. Для цієї мети застосовується функція РТТ ID, передбачена в багатьох професійних радіостанціях. При натисканні або відпусканні кнопки передачі, радіостанція автоматично передає ідентифікуючу посилку в обраному форматі (найчастіше DTMF). Диспетчерська радіостанція оснащується декодером, що дозволяє в реальному часі відслідковувати вихід кожного абонента в ефір, а при підключенні до комп'ютера фіксувати такі виходи й відслідковувати їхню статистику.

Багатофункціональні аналого-цифрові модулі. Істотне розширення номенклатури надаваних сервісів можливе за рахунок застосування вбудованих у базові й абонентські станції багатофункціональних аналого-цифрових модулів. Так, на базі сигнальних модулів DAXON розробки компанії «Информационная индустрия» може бути побудована диспетчерська система радіозв'язку DAXON-DS. Система дозволяє вирішувати такі завдання:

- контролю й керуванню рухомими об'єктами (абонентами) з комп'ютеризованого робочого місця диспетчера аж до їхнього відключення (тимчасового чи постійного);
- захисту переговорів від несанкціонованого прослуховування (аналого-цифрове або цифрове маскування);
- розмежуванню доступу абонентів до радіоканалу;
- визначення місця розташування рухомих об'єктів на електронній карті місцевості в межах зони системи зв'язку;
- дистанційного контролю функціонування пожежних і охоронних систем.

Скремблери. В роботі служб безпеки й охорони, підрозділів оперативно-рятувальної служби виникає необхідність у захисті переданої в ефірі інформації від несанкціонованого прослуховування. Для цього в абонентські й базові радіостанції встановлюють пристрої захисту мови – скремблери (маскіратори). Принципи роботи маскіраторів Icom наведено на рис. 2.

На ринку представлена велика кількість скремблерів Selectone, Midian, DAXON від найпростіших аналогових частотних інверторів до цифрових шифраторів з підвищеною криптографічною стійкістю й широким набором функцій. Багато виробників радіозасобів виготовляють скремблери для своїх радіостанцій у вигляді вбудовуваних модулів.

Однак, використання скремблерів має ряд недоліків:

1. Застосування скремблерів вимагає оформлення офіційних погоджень.
2. Скремблери підвищують струм споживання, що особливо помітно для портативних радіостанцій.
3. Алгоритм шифрування може виявитися несумісним з обраною системою тональної або субтональної сигналізації.

4. У випадку приходу слабкого, зашумленого ефірного сигналу розбірливість дешифрованої мови погіршується, що приводить до фактичного зниження реалізованої дальності радіозв'язку.
5. Шифрований сигнал в ефірі може привернути непотрібну увагу.

Таким чином, в деяких випадках скремблерам доцільно віддати перевагу використанню в ефірі кодових фраз, позначення об'єктів номерами, а абонентів - позивними.

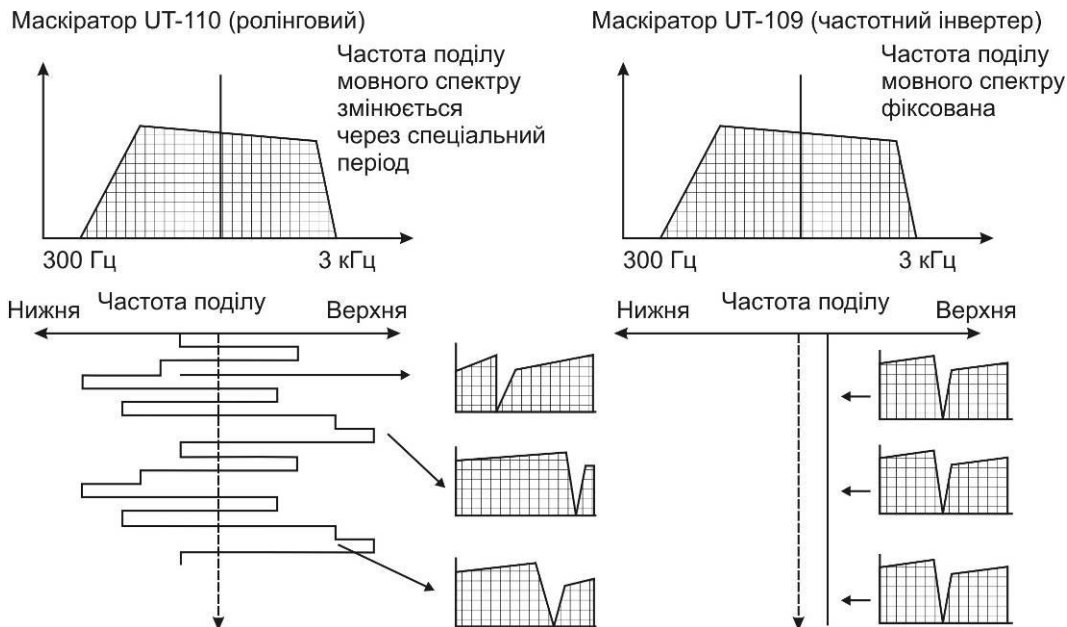


Рисунок 2 – Схема перетворень мовного сигналу в часі в маскіраторах на прикладі скремблерів Icom UT-109 та UT-110

Поліпшення якості передачі мовних повідомлень. Поліпшення якості передачі мови й підвищення комфортності її сприйняття досить важливе для користувачів мережі зв'язку, оскільки конвенціональні системи в першу чергу розраховані для передачі мовних повідомлень.

Цифрова обробка мови. В останні роки виробники радіостанцій передбачають у своїх виробках засоби цифрової обробки мови. Метою такої обробки є підвищення природності звучання й розбірливості мови, автоматичне регулювання посилення, компенсація спотворень тощо.

Перспективним є напрямок який буде забезпечувати обробку мови з метою усунення специфічних шумів пов'язаних з бойовою роботою пожежника:

- усунення шумів на робочому місці водія (робота пожежного насоса автоцистерни, бензоагрегатів тощо);
- усунення звукових перешкод спричинених роботою складових елементів апаратів захисту органів дихання (робота легеневого автомату, редуктора, використання протигазів газодимозахисниками);
- усунення завад пов'язаних з використанням та роботою з пожежно-технічним обладнанням, перешкод від осередку горіння тощо.

Для цього слід використовувати вбудовані в носимі (мобільні) радіостанції модулі обробки мови з можливістю вибору декількох алгоритмів обробки мовлення.

Одним із варіантів є цифрове шумоочищення на базовій станції. ТОВ «Центр Речевих Технологій» (Російська Федерація) розроблена мініатюрна двоканальна плата шумоочищення мови STC-H209 «Тишина». Плата забезпечує придушення шумів вулиці, механізмів і інших широкопasmових, гармонійних і імпульсних перешкод в одному або двох каналах. Плата може бути настроєна на придушення перешкод, специфічних для конкретної

мережі зв'язку. При настроюванні передбачена можливість використання заздалегідь підготовлених фонограм з типовими шумами.

Нелінійна фільтрація. Ефективним способом поліпшення суб'єктивної якості мови може бути нелінійна фільтрація в каналі звуку. Використання різних коефіцієнтів передачі для сигналів різних амплітуд дозволяє організувати автоматичне регулювання посилення, компресування сигналу, шумопониження в паузах. Це дає можливість нівелювання розходжень у манері роботи різних операторів і в настроюванні абонентських станцій. На сьогодні даний сегмент ринку фактично не зайнятий, пристрої вимагають розробки.

Затримка мовного сигналу. Застосування систем субтональної сигналізації приводить до затримки відгуку ретранслятора й радіостанцій викликуваних абонентів на радіосигнал, що становить кілька сотень мілісекунд. Щоб уникнути провалювання початку репліки, доводиться витримувати паузу між натисканням на кнопку передачі й початком фрази, про що нерідко забувають навіть досвідчені оператори. Рішенням проблеми може служити включення у звуковий тракт базової станції пристрою затримки мовного сигналу, при цьому ретранслятор управляється незатриманим субтоном. Ці пристрої також ще вимагають розробки.

Розширення зони дії системи. Оскільки в конвенціональних системах рідко вдається застосувати більше одного ретранслятора для обслуговування однієї групи абонентів, розширення зони дії системи й поліпшення радіопокриття всередині зони є досить актуальним завданням.

Удосконалювання антенно-фідерного устаткування. Класичним способом вирішення даного завдання є поліпшення енергетики радіолінії за рахунок застосування високоякісного антенно-фідерного устаткування.

Зокрема, в Академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України (АПБ), проведено відповідні роботи по дослідженню даного напрямку удосконалювання симплексних систем радіозв'язку. Було проведено роботи по зниженню коефіцієнта стоячої хвилі (КСХ) для стаціонарної радіостанції учбової пожежно-рятувальної частини (отримане значення КСХ \rightarrow 1,0).

Авторським колективом проведено комп'ютерне моделювання різних типів автомобільних та стаціонарних базових антен [4, 5]. Як результат проведених теоретичних досліджень, розроблено та випробувано базову багатоелементну колінеарну та автомобільну антену з противагами. Проведені експерименти вказаних антен показали їхні переваги над промисловими зразками [6].

Дистанційне керування радіозасобами. Вирішенням проблеми може бути дистанційне керування базовими й стаціонарними абонентськими станціями, розміщеними поблизу антени з метою скорочення довжини високочастотних фідерів. На ринку представлено широка номенклатура пристроїв дистанційного керування [7]. Пристрої фірми СРІ серій DR, TR виконані у вигляді телефонного апарата й управляють радіостанцією по виділеній лінії, забезпечують двосторонню передачу звуку, команди на передачу, функцію монітора. Модель 250 виробництва ZETRON додатково забезпечує перемикання каналів віддаленої станції й тональне керування додатковою комутацією, а модель 284 здатна управляти чотирма базовими станціями.

Системи віддаленого прийому. Як показує практика, дальність зв'язку в конвенціональній системі найбільшим чином обмежена можливістю базової станції (ретранслятора) прийняти сигнал від малопотужної абонентської станції. Приймач ретранслятора внаслідок високо піднятої антени більшим чином підданий впливу зовнішніх радіоперешкод. Ефективно підвищити енергетику радіолінії абонентська «станція-ретранслятор» дозволяє застосування віддаленого прийому.

Принцип організації системи віддаленого прийому для одного ретранслятора (частотного каналу) представлений на рис. 3. Система містить у собі кілька приймачів, що працюють на одній частоті, яка відповідає частоті прийому ретранслятора f_{RX} , і один передавач на частоті передачі ретранслятора f_{TX} . Приймачі рознесені на місцевості на одиниці-десятки кілометрів таким чином, щоб сукупна зона дії приймачів приблизно

відповідала зоні дії передавача ретранслятора. Зони дії приймачів можуть перекриватися. Одним із приймачів, мабуть, може бути штатний приймач ретранслятора.

Віддалені приймачі пов'язані з базовою станцією лініями зв'язку, по яких передається демодульований сигнал звуку, субтон і сигнал наявності несучої на вході приймача COR. Обраний сигнал видається пристроєм автовибору на вхід контролера ретранслятора як сигнал приймача.

Критерій вибору приймача – максимум псевдовідношення сигнал/шум (без зворотного зв'язку). Автовибір може здійснюватися безупинно або з фіксацією обраного на заданий час або до зникнення обраного сигналу. Пристрій може комплектуватися інтерфейсами ліній зв'язку.

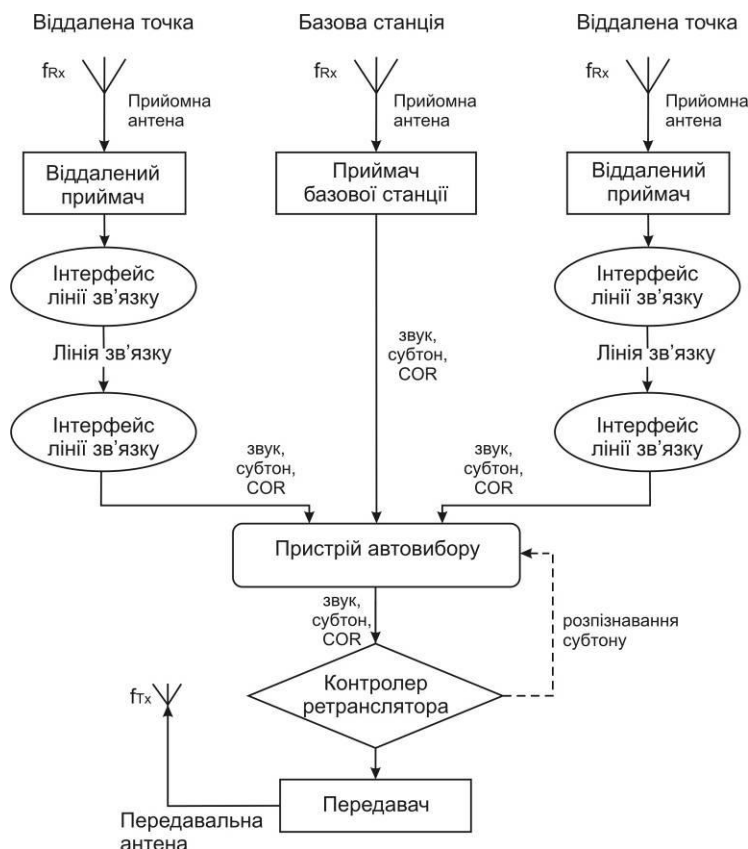


Рисунок 3 – Принцип організації системи віддаленого прийому

Критерій вибору по максимуму псевдовідношення сигнал/шум оптимальний при ефірних перешкодах типу білого шуму. Для складної електромагнітної обстановки великих міст характерні перешкоди – внутрішньоканальні, інтермодуляційні, позасмугові, – спектр яких близький до спектра корисного сигналу. У таких умовах критерій максимуму сигнал/шум часто не адекватний.

Існують розробки пристроїв автовибору зі зворотним зв'язком за рішенням [8]. Результат розпізнавання субтона в сигналі обраного приймача повертається пристрою автовибору й слугує критерієм правильності вибору. Помилковий вибір негайно коректується. Результати розпізнавання служать для формування статистик по кожному приймачу. Статистика поряд з результатами часового аналізу сигналів COR використовується при наступних виборах. Такий алгоритм добре зарекомендував себе в реальних перешкодах. З метою корекції можливих спотворень і підвищення швидкості і якості розпізнавання кодів DCS передбачений спеціальний ланцюг кондиціонування субтона.

Досвід експлуатації систем зв'язку з автовибором і зонами дії приймачів, що частково перекриваються показав:

- розширюється зона стійкого радіозв'язку;

- знижуються, а в деяких областях зони усуваються повністю завмирання сигналу від рухомих абонентів;
- істотно скорочуються «білі плями» усередині зони.

Схеми з автовибором ефективні й в малоканалних транкових системах, особливо односайтових, де важлива економія частотного ресурсу.

Висновки. Конвенціональні системи радіозв'язку займають свою специфічну нішу на ринку професійного мобільного радіозв'язку. Слід чекати, що вони будуть затребувані й надалі. Для їх модернізації існує чимало ефективних технічних рішень, що дозволяють підвищити якість надаваних послуг і розширити їхню номенклатуру. Найбільш доступними та ефективними в умовах експлуатації систем радіозв'язку підрозділами МНС слід визначити такі:

1. *Удосконалювання антенно-фідерного устаткування.* Проведені теоретичні та натурні дослідження на базі АПБ показують, що таким чином можна підняти енергетику радіоліній зв'язку до 15% (виграш розробленої базової колінеарної антени відносно антени типу диполь складає 12 дБд, відносно промислових колінеарних антен 5 дБд; діаграма направленості автомобільної антени з противагами суттєво ближча до кругової в порівнянні зі звичайною штирьовою антеною, кут випромінювання до горизонту з максимальним посиленням є нижчим в порівнянні зі звичайною антеною - 33⁰ проти 88⁰).

2. *Надання додаткових сервісних послуг системами зв'язку.* Використання сучасних систем тонального і субтонального виклику дозволяють зменшити непродуктивні витрати часу операторів радіостанцій в мережі симплексного зв'язку. Даний висновок робиться з аналізу результатів дослідження ефективності використання систем зв'язку під час проведення тактико-спеціальних навчань. Під час навчань оцінювалася робота операторів в мережі з системою CTCSS і без використання систем вибіркового виклику.

Інші вказані в статті напрямки модернізації систем радіозв'язку є більш складними та потребують подальшого дослідження, щодо придатності використання підрозділами оперативно-рятувальної служби.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурляй І.В. Розробка вимог до систем радіозв'язку нового покоління ОРС // Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників «Пожежна безпека та аварійно-рятувальна справа: стан, проблеми і перспективи». – Київ: УкрНДІПБ, 2005. – С. 173-176.
2. Системи радіозв'язку та їх застосування оперативно-рятувальною службою / І.В. Бурляй, Б.Б. Орел, О.М. Джулай: Посібник. – Чернігів: РВК «Деснянська Правда», 2007. – 288 с.
3. А.М. Овчинников. Направления развития конвенциональных систем ПМР // Технологии и средства связи. 2004. № 4.
4. Бурляй І.В. Моделювання антенно-фідерних пристроїв системи професійного рухомого радіозв'язку // Вісник НТУ. – 2006. - №4.
5. Бурляй І.В. Дослідження впливу особливостей розміщення техніки в умовах ліквідації надзвичайної ситуації на характеристики антенно-фідерної системи аварійно-рятувальних автомобілів // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2007. – № 3-4. – С. 47-50.
6. Бурляй І.В. Проведення комплексної модернізації систем зв'язку комбінованої радіостанції Р-142Г // Збірка матеріалів науково-практичної конференції «Проблеми управління єдиною державною системою цивільного захисту». - Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 94 – 96.
7. В.П. Николаев. Рост конкуренции и спроса на рынке ПМР // Технологии и средства связи. 2004. № 3.
8. Е.В. Андропов. Технические средства усовершенствования конвенциональных систем ПМР // Технологии и средства связи. 2005. № 1.