

УДК 621.396

Г.А. Зміївський, В.М. Краснокутський, М.М. Колодєєв

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БАЗОВИХ СТАНДАРТІВ І СИСТЕМ ТРАНКІНГОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОВСЯКДЕННОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ВІЙСЬК (СИЛ)

*Розглянуті тенденції розвитку військових мобільних абонентських систем зв'язку провідних країн світу та приведений порівняльний аналіз комерційних стандартів і систем мобільного зв'язку для створення мережі транкінгового радіозв'язку системи управління повсякденною діяльністю військ (сил).*

*системи управління повсякденною діяльністю військ, мережа транкінгового радіозв'язку*

### Вступ

**Постановка проблеми.** Ефективність управління повсякденною діяльністю військ (сил) перебуває в діалектичній залежності від стану системи зв'язку. Для якісного забезпечення управління вона повинна бути в постійній бойовій готовності, мати високу пропускну спроможність, забезпечувати повну мобільність військових абонентів, надавати широкий спектр послуг зв'язку.

Оперативне вирішення завдань бойової і мобілізаційної готовності, оперативної (бойової) підготовки, внутрішньої, гарнізонної і вартової служб та інших складових частин повсякденної діяльності не можливе без використання мобільного радіозв'язку.

Відомо, що сучасні принципи організації радіозв'язку і технічне оснащення підрозділів зв'язку Збройних Сил України радіозасобами не дозволяють цілком задовольнити потреби управління [1]. Основними недоліками існуючих систем радіозв'язку є: невиконання вимог продуктивності, надійності, розвідзахищеності, забезпечення зв'язку між мобільними абонентами; невиконання ймовірно-часових характеристик інформаційного обміну; низька автоматизація процесів встановлення, ведення та підтримки радіозв'язку; моральна та фізична застарілість засобів радіозв'язку, тощо. На сьогодні основним методом розв'язання цієї проблеми є процес втілення нових безпроводових інформаційних технологій. Тобто розробка нових підходів до створення системи мобільного радіозв'язку повсякденної діяльності, яка відповідає б вимогам сьогодення, є актуальним науковим завданням.

**Аналіз літератури.** В науково-технічній літературі аналіз базових стандартів і систем мобільного зв'язку, які можуть стати основою для створення мережі радіозв'язку загального користування системи управління повсякденною діяльністю не приводився, але існує ряд робіт [5 – 8] в яких викладені їх технічні характеристики та функціональні можливості. Дослі-

дженням тенденцій розвитку мобільних абонентських систем армій провідних країн світу присвячені роботи [4, 5].

**Мета статті.** В статті приведений аналіз тенденцій розвитку мобільних абонентських систем військового зв'язку та порівняльний аналіз базових стандартів і систем транкінгового зв'язку, які можуть стати основою для створення мережі радіозв'язку загального користування системи управління повсякденною діяльністю.

### Основний матеріал

Мобільними абонентськими системами військового зв'язку провідних країн світу є системи транкінгового радіозв'язку [2]. Вони уможливають передавання мови, даних та відео, забезпечують доступ до опорної мережі зв'язку, локальних обчислювальних мереж. Радіозасоби цих мереж мають завадозахищені режими роботи – наприклад, псевдовипадкове перестроювання радіочастот, та вмонтовані засоби засекречування інформації.

Одним із пріоритетів розвитку системи зв'язку і автоматизації Збройних Сил України також є введення до її складу мережі радіозв'язку загального користування, яка будуватиметься на основі протоколів транкінгового зв'язку і розгортається, виходячи із забезпечення максимального покриття території [1]. Транкінгові системи будуть спроможні вирішувати завдання щодо забезпечення стійкого оперативного обміну в єдиному телекомунікаційному просторі системи зв'язку. Вже зараз існують певні комерційні технології, які можуть являти собою основу для створення мережі транкінгового зв'язку загального користування [3, 4]. Саме тому виникла необхідність проведення їх порівняльного аналізу.

Для вибору системи транкінгового зв'язку, яка б найбільш ефективно задовольнила вимоги щодо мережі транкінгового радіозв'язку системи управління повсякденною діяльністю проведемо аналіз

стандартів цифрового транкінгового радіозв'язку, так як по відношенню до аналогових стандартів вони забезпечують ряд переваг, а саме [5]:

- більш високу якість передачі мови;
- збільшення зони покриття;
- більш сучасні і високошвидкісні способи передачі даних;
- багатократне збільшення ємності системи;
- більш ефективне використання радіочастотно-го спектру;
- підтримку пакетного режиму і інтерфейсів з інформаційними базами даних;
- можливість організації взаємодії з абонентами різних мереж;
- скорочення часу на установлення зв'язку;
- гарантовану безпеку зв'язку.

До найбільш перспективних стандартів цифрових транкінгових систем, які заслужили міжнародне визнання і на основі яких в багатьох країнах розгорнуті мережі зв'язку, відносяться [5,6]:

- стандарт EDACS, розроблений фірмою Ericson;
- стандарт TETRA, розроблений Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів;
- стандарт APCO25, розроблений Асоціацією офіційних представників служб зв'язку органів громадської безпеки;
- стандарт Tetrapol, розроблений фірмою Matra Communication (Франція);
- стандарт iDEN, розроблений фірмою Motorola (США).

Загальні відомості про системи стандартів і їх технічні характеристики приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Загальні відомості про системи стандартів і їх технічні характеристики

| Хар-ка стандарту                              | EDACS   | TETRA   | APCO25  | Tetrapol  | iDEN  |
|---|---|---|---|---|---|
| Розробник стандарту                           | Ericson (Швеція)                                    | ETSI  | APCO  | Matra Communication (Франція)                   | Motorola (США)                                    |
| Статус стандарту                              | корпоративний                                       | відкритий   | відкритий   | корпоративний                                   | корпоративний                                     |
| Можливий діапазон частот, МГц                 | 138 – 174;<br>403 – 423;<br>450 – 470;<br>806 – 870 | теоретично 150 – 900; виділено в Європі для служб громадської безпеки 380 – 395 / 390 – 395 | 138 – 174;<br>406 – 512;<br>746 – 869;  | 70 – 520  | 805 – 821 / 855 – 866                             |
| Рознесення між частотними каналами, кГц       | 25;<br>12,5<br>(передача даних)                     | 25  | 12,5;<br>6,25   | 12,5;<br>10                                     | 25  |
| Кількість каналів в однозонавих системах      | 28  | 32  | 28  | 24  | 144   |
| Вид модуляції                                 | FM  | $\pi/4$ -DQPSK  | C4FM(12,5 кГц)<br>CQPSK(625 кГц)  | GMSK  | M16-QAM   |
| Швидкість передачі інформації в каналі, біт/с | 9600  | 7200<br>(28800 при передачі 4-х каналів на кожній фізичній частоті)                         | 9600  | 9600<br>(32000 при ПД в пакетному режимі)       | 8000  |
| Метод розділення каналів                      | МДЧтР   | МДЧсР   | МДЧтР   | МДЧтР   | МДЧсР   |
| Час установлення зв'язку, с                   | 0,25  | 0,2 – при індив. виклику;<br>0,17 – при груповому виклику                                   | 0,25 – в режимі прямого зв'язку;<br>0,35 – в режимі ретрансляції; 0,5 – в радіопідсистемі | 0,5   | 0,5   |
| Вид каналу управління                         | виділений   | виділений або розподілений  | виділений   | виділений                                       | виділений або розподілений                        |
| Можливості шифрування інформації              | стандартний фірмовий алгоритм кризного шифрування   | 1) стандартні алгоритми<br>2) кризне шифрування   | 4 рівня захисту інформації  | 1) стандартні алгоритми<br>2) кризне шифрування | Стандартний фірмовий алгоритм кризного шифрування |
| Життєвий цикл технології, років               | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  |

Функціональні можливості, які надаються системами цифрового транкінгового радіозв'язку, приведені в табл. 2.

Інформація про наявність специфічних послуг зв'язку, орієнтованих на використання транкінгових систем для управління повсякденною діяльністю, надана в табл. 3.

На основі вказаних відомостей можливо провести порівняльний аналіз стандартів цифрового транкінгового радіозв'язку для вибору стандарту, який би був найбільш ефективним при організації багатозонавої мережі транкінгового зв'язку управління повсякденною діяльністю по нижченаведеним критеріям:

Таблиця 2

Функціональні можливості, які надаються системами цифрового транкінгового радіозв'язку

| Функціональні можливості системи зв'язку                             | EDACS | TETRA | APCO25 | Tetrapol | iDEN |
|--|-------|-------|--------|----------|------|
| Підтримка основних видів виклику (індив., груповий, ширококомовний)  | +     | +     | +      | +        | +    |
| Вихід на телефонну мережу загального користування                    | +     | +     | +      | +        | +    |
| Передача даних і доступ до централізованих баз даних                 | +     | +     | +      | +        | +    |
| Режим прямого зв'язку  | +     | +     | +      | +        | н/в  |
| Автоматична реєстрація мобільних абонентів                           | +     | +     | +      | +        | +    |
| Персональний виклик  | -     | +     | +      | +        | +    |
| Доступ до фіксованих мереж IP  | +     | +     | +      | +        | +    |
| Передача статусних повідомлень                                       | +     | +     | +      | +        | +    |
| Передача коротких повідомлень  | -     | +     | +      | +        | +    |
| Підтримка режиму передачі даних про місцезнаходження від системи GPS | +     | +     | +      | +        | н/в  |
| Факсимільний зв'язок   | -     | +     | +      | +        | +    |
| Можливість установки відкритого каналу                               | -     | +     | +      | +        | -    |
| Множинний доступ з використанням списку абонентів                    | -     | +     | +      | +        | +    |

Примітка: н/в – немає відомостей.

Таблиця 3

Інформація про наявність специфічних послуг зв'язку

| Спеціальні послуги зв'язку            | EDACS | TETRA | APCO25 | Tetrapol | iDEN |
|---------------------------------------|-------|-------|--------|----------|------|
| Пріоритет доступу                     | +     | +     | +      | +        | +    |
| Система пріоритетних викликів         | +     | +     | +      | +        | +    |
| Динамічне перегрупування              | +     | +     | +      | +        | +    |
| Дистанційне прослуховування           | -     | +     | +      | +        | +    |
| Ідентифікація сторони, яка викликає   | +     | +     | +      | +        | +    |
| Виклик, санкціонований диспетчером    | +     | +     | +      | +        | +    |
| Передача ключів по радіоканалу (OTAR) | -     | -     | +      | +        | -    |
| Дистанційне відключення абонента      | н/в   | +     | +      | +        | +    |
| Аутентифікація абонентів              | н/в   | +     | +      | +        | +    |

*Технічні характеристики і функціональні можливості.* На основі розглядання технічних характеристик стандартів транкінгових систем можна відмітити, що у порівнянні з іншими стандартами EDACS має декілька меншу спектральну ефективність. Крім того в стандарті EDACS не використовуються цифрові методи модуляції, що дозволяє стверджувати, що він є стандартом, в якому здійснюється передача оцифрованої мовної інформації по аналоговому каналу зв'язку. По критерію забезпечення дальності зв'язку виділяються системи APCO25, що означає меншу кількість базових станцій в зоні обслуговування і відповідно, менші затрати для великих територій.

По функціональним можливостям стандарт EDACS також уступає іншим стандартам, так як він був розроблений дещо раніше. Стандарти TETRA, APCO25, Tetrapol, iDEN специфікують широкий спектр надаваних послуг зв'язку, який по рівню порівнюваний між собою.

*Ресурси радіочастотного спектру.* Системи EDACS реалізуються в діапазонах 138 – 174, 403 – 423, 450 – 470 і 806 – 870 МГц, при чому є відомості про діючі радіозв'язку в усіх діапазонах.

Системи TETRA теоретично забезпечують можливість роботи в дуже широкому діапазоні (150 – 900 МГц). Разом з тим, поки виробники пропонують в основному обладнання, яке функціонує тільки в діапазоні, виділеному в Європі для побудови мереж TETRA – 380 – 385 / 390 – 395 і 410 – 430 / 450 – 470 МГц.

Системи APCO25 у відповідності з функціональними і технічними вимогами забезпечують можливість роботи в будь-якому із діапазонів, відведених для рухомого радіозв'язку.

Стандарт Tetrapol обмежує частоту своїх систем на рівні 520 МГц.

Системи стандарту iDEN функціонують тільки в діапазоні 800 МГц, що обмежує їх використання для побудови визначеного кола систем.

*Виконання спеціальних вимог щодо захисту інформації.* При розгляданні переліку алгоритмів шифрування, котрі реалізовані кожним стандартом можна відмітити, що стандарти TETRA, APCO25, Tetrapol, iDEN забезпечують високий рівень захисту інформації, а стандарт EDACS - нижчий.

*Економічна ефективність.* Для створення мереж з невеликим навантаженням, широким територіальним охопленням і числом каналів в межах 10 більш оптимальним варіантом (в тому числі і по вартості) являється використання систем з МДЧтР, до яких відносяться EDACS, APCO25 (Фаза I) і Tetrapol. Це пояснюється суттєво більшим радіусом зон обслуговування систем МДЧтР в порівнянні з МДЧсР - системами. По оцінкам приведеним в технічному звіті стандарту Tetrapol PAS, вартість базового обладнання багатозонавої мережі радіозв'язку, реалізованої на основі МДЧсР, по відношенню до систем з частотним розподілом каналів (при однаковій вартості одиниці обладнання) буде на 30 – 50% вище.

Однак, для мереж зв'язку з інтенсивним трафіком і числом каналів в одній зоні більше 15 перевага віддається використанню систем з часовим розподілом каналів, до яких відноситься TETRA і iDEN. Варто відмітити, що стандарт APCO25 (Фаза II) володіє універсальністю, забезпечуючи можливість будувати системи як з частотним, так і з часовим розподілом каналів.

*Статус стандарту (відкритий / закритий).* Корпоративні (закриті) стандарти EDACS, Tetrapol і iDEN являються власністю їх розробників. Придбання обладнання можливе тільки у обмеженого кола виробників. Відкриті стандарти TETRA і APCO25 забезпечують створення конкурентного середовища притягнення великої кількості виробників базового обладнання, абонентських радіостанцій, тестової апаратури для випуску сучасних радіозасобів, що суттєво знижує їх вартість.

Проведений аналіз надає можливість стверджувати, що відкриті стандарти цифрових транкінгових систем TETRA і APCO25 в найбільшій мірі відповідають вимогам щодо систем мобільного радіозв'язку управління повсякденною діяльністю військ, але стандарт APCO25 (насамперед багатозонава система Smart Sone ASTRO, яка використовується Міністерством Оборони США, ФБР, федеральним комітетом по зв'язку, поліцією ряду штатів США) володіє рядом переваг:

базові станції ASTRO / APCO25 підтримують роботу існуючого парку конвенціональних радіостанцій фірми Motorola, котрі зараз широко використовуються в різних організаціях;

дальність зв'язку систем ASTRO / APCO25 вища ніж систем TETRA, що означає меншу кількість базових станцій і, відповідно, менші затрати на створення мережі транкінгового зв'язку АК ОСШР;

система ASTRO / APCO25 наділена здатністю до "голосування" [7], тобто до вибору найбільш якісного каналу із множини каналів, створених розосередженими в сайті віддаленими приймачами, що робить її системою повного покриття зони обслуговування;

стартова ціна мінімальної системи ASTRO / APCO25 суттєво менша, чим мінімальної системи TETRA. По суті, створення системи ASTRO / APCO25 можна розпочати з однієї конвенціональної базової станції або радіоканалу. При цьому користувач уже буде мати багато функцій, характерних тільки для транкінгових систем;

число базових станцій легко нарощується, система модернізується в транкінгову без втрат, які вкладені в існуюче обладнання засобів;

може одночасно підтримувати роботу радіостанцій в декількох різних діапазонах частот;

система ASTRO / APCO25 може створюватися в цифро - аналоговому варіанті зі кризним автоматичним і диспетчерським зв'язком між цифровими і аналоговими радіостанціями;

система забезпечує адаптивний контроль потужності абонентських радіостанцій, що дозволяє збільшити строк служби акумуляторних батарей;

система ASTRO / APCO25 забезпечує зв'язок з гарантованим засекречуванням інформації на рівні національного уряду [8] за рахунок використання чотирьох рівнів криптозахисту, додаткових можливостей по шифруванню інформації, яка передається (з одним ключем, з декількома ключами, подвійний алгоритм шифрування). Для шифрування використовуються алгоритми : DVP-XL, DVI-XL, DES-OFB. Кожна абонентська радіостанція може використовувати до 16 ключів шифрування (ключі можуть бути, при необхідності, розподілені між різними алгоритмами шифрування). Передбачена можливість розповсюдження ключів по радіоканалу;

за технічними характеристиками зовнішні інтерфейси системи ASTRO / APCO25 повністю підтримують стики цифрових потоків обладнання автоматичної телекомунікаційної системи, яке розроблене вітчизняним підприємством "Телекарт - прилад", що надає абонентам транкінгового зв'язку можливість оперативного обміну в єдиному телекомунікаційному просторі перспективної системи військового зв'язку;

система забезпечує з'єднання базових станцій в багатасайтову систему по аналогових лініях зв'язку, що дозволяє використовувати для цього існуючі засоби зв'язку.

Використання засобів цивільного призначення як вітчизняного, так і іноземного виробництва, що характерно для стаціонарного компонента, є одним з основних напрямків розвитку системи зв'язку Збройних Сил України, які покладені в основу Державної програми розвитку озброєння і військової техніки на період до 2005 року.

Вже зараз використання комерційних транкінгових систем знайшло широке застосування при вирішенні завдань управління в частинах і підрозділах Внутрішніх військах Міністерства внутрішніх справ України, Міністерства надзвичайних справ України, Державної прикордонної служби України.

Комерційні транкінгові системи в Збройних Силах України були вперше використані при виконанні завдань національним миротворчим контингентом в республіці Ірак. Транкінговий зв'язок на території республіки в інтересах українського з'єднання забезпечувався аналоговими двохканальними базовими станціями типу Кордон, портативними, автомобільними станціями типу Айком, Моторола без скремблерів та зі скремблерами. Всього було розгорнуто 5 базових станцій та 4 диспетчерських пункти. Аналіз використання аналогових транкінгових систем показує, що організація транкінгової мережі значно підвищила ефективність управління національним миротворчим контингентом, але наряду з цим вони не забезпечили:

повне радіопокриття зони відповідальності; необхідну пропускну спроможність мережі та стійкість зв'язку;

гарантовану безпеку інформації та ін.

Використання для побудови мережі радіозв'язку загального користування цифрової транкінгової системи ASTRO стандарту APCO25 надасть можливість повністю усунути вищевказані недоліки, забезпечити повну мобільність військових абонентів, доступ до мереж телефонного зв'язку, мереж передачі даних, необхідний якісний рівень послуг зв'язку в системі управління повсякденною діяльністю військ (сил).

### Висновок

Таким чином, поведені дослідження показують, що:

1. Мережа радіозв'язку загального користування системи управління повсякденною діяльністю військ (сил) може бути побудована на основі протоколів транкінгового зв'язку.
2. Вже зараз існують певні комерційні технології, які можуть являти собою основу для створення даної мережі.
3. Порівняльний аналіз базових стандартів і систем транкінгового зв'язку дає можливість стверджувати, що за своїми технічними характеристикам, функціональними можливостями, ресурсом радіочастотного спектру, ступенем забезпечення безпеки зв'язку і економічною ефективністю багатозонава система Smart Sone ASTRO стандарту APCO25 найбільш повно відповідає вимогам до системи радіозв'язку загального користування системи управління повсякденною діяльністю військ (сил).

### Список літератури

1. Рудик В.В. Актуальні проблеми та напрями розвитку системи зв'язку Збройних Сил України як складової частини системи управління військами (силами) // *Наука і оборона*. – 2005. – № 2. – С. 22-28.
2. Рудик В.В. Напрямки розвитку системи зв'язку і автоматизації управління військами та військ зв'язку Збройних Сил України на період до 2011 року // *Інформаційний збірник по зв'язку*. – 2005. – № 4. – С.14-22.
3. Міночкін А.І., Романюк В.А. Архітектура перспективної мобільної компоненти тактичних мереж зв'язку Збройних Сил України // *Інформаційний збірник по зв'язку*. – 2005. – № 4. – С. 70-78.
4. Талалаєв В.О., Стороженко О.В. Світові тенденції розвитку телекомунікаційних мереж військового призначення // *Інформаційний збірник по зв'язку*. – 2005. – № 4. – С.79-88.
5. Соколов А.В., Андрианов В.И. Альтернатива сотовой связи: транкинговые системы. – С.-Пб.: БХВ – Петербург, 2002. – 448 с.
6. Овчинников А.М., Воробьев С.В., Сергеев С.И. Открытые стандарты цифровой транкинговой радиосвязи. – М.: Связь и бизнес, 2000. – 166 с.
7. Мухин А.М., Чайников Л.С. Системы связи подвижной службы. – К.: Світ знань, 2001. – 355 с.
8. Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології / За ред. В.В. Поповського. – Х.: Компанія СМІТ, 2003. – 512 с.

Надійшла до редколегії 11.09.2006

**Рецензент:** канд. техн. наук С.В. Женжера, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.