

Станович О.В.(ВІПІ НТУУ „КПІ”)  
Міщенко А.Г.(ВІПІ НТУУ „КПІ”)  
Легкобит В.С.(ВІПІ НТУУ „КПІ”)  
Кисиленко П.П.(ВІПІ НТУУ „КПІ”)

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ СИСТЕМ КХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ЇХ УРАХУВАННЯ В ПРОЦЕСІ РОЗВИТКУ РАДІОЗАСОБІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*В статті приведено перелік основних напрямків розвитку та удосконалення КХ радіомереж, методи досягнення підвищення показників радіо засобів, аналіз тактико-технічних характеристик КХ радіо засобів найбільш розвинутих країн світу та визначені вимоги, яким повинні відповідати КХ радіо засоби вітчизняного виробництва.*

*Станович А.В., Мищенко А.Г., Легкобит В.С., Кисиленко П.П. Определение возможных направлений развития систем КВ радиосвязи и обоснование необходимости учитывать их в процессе развития ВС Украины. В статье представлен перечень направлений развития и усовершенствования КВ радиосетей, методы достижения повышения показателей радиосредств, анализ тактико-технических характеристик КВ радиосредств наиболее развитых стран, а также определены требования, которым должны соответствовать КВ радиосредства отечественного производства.*

*O. Stanovich, A. Mishchenko, V. Legkubit., P. Kisilenko. Determination of the possible areas of HF radio systems and the rationale for their consideration in the Armed Forces of Ukraine development. The paper presents trends of HF radio development and improvement, methods of achievement of radio performance improving, analysis of HF radio performance characteristics of the most developed countries. The requirements of domestic HF radio production was defined.*

**Ключові слова:** *радіозв'язок, короткохвильовий зв'язок, засоби радіозв'язку, коефіцієнт важливості розрахункової задачі.*

### **Постановка задачі та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями**

Незважаючи на відносно низьку пропускну спроможність, короткохвильовий зв'язок не втрачає свою актуальність навіть у арміях економічно розвинутих країнах, де значний розвиток отримали проводові та супутникові системи зв'язку. Так, у США в рамках системи оперативного управління збройними силами діє підсистема КХ радіозв'язку Skoupe Signal, адаптивна система RF-7100, у Великобританії – система MFT-2, адаптивні КХ радіолінії на базі літакових радіостанцій AN/ARC-190, 199, 200 та ін. В Україні КХ радіозв'язок широко застосовується в усіх силових структурах. В основному це радіостанції середньої потужності третього і четвертого поколінь (P-140, P-161A). Незважаючи на своє моральне старіння, в економічній ситуації, що склалася, ці радіостанції, навіть при поступовій їхній заміні новим поколінням радіозасобів, будуть продовжувати експлуатуватися й далі.[1]

Мережі радіозв'язку, як правило, призначені для організації прямих радіо зв'язків між пунктами управління вузлів зв'язку відповідних ланок управління і входять до складу загальної системи зв'язку. Найважливішим принципом побудови мереж радіозв'язку є поєднання прямих зв'язків із ретрансляцією повідомлень, що передаються обхідними маршрутами, які оперативно складаються. Реалізація цього принципу передбачає створення мереж радіозв'язку з підвищеною зв'язністю структури та функціональною надмірністю, яка полягає в тому, що всі або частина елементів мереж повинна наділятися можливістю ретрансляції повідомлень.

Основними напрямками розвитку систем радіозв'язку є:

перехід на цифрові методи передавання інформації;

широке застосування елементів обчислювальної техніки для автоматизації процесів ведення і відновлення зв'язку;

збільшення кількості одночасно працюючих мереж шляхом комплексного використання часового, частотного і кодового розділення сигналів;

реалізація пакетних режимів роботи радіомереж;  
 освоєння нових діапазонів частот;  
 освоєння завадо захищених режимів роботи засобів зв'язку;  
 впровадження багато параметричної адаптації та адаптивної компенсації завад;  
 впровадження ретрансляції для збільшення дальності зв'язку;  
 вдосконалення елементної бази та уніфікація апаратури.

Для гнучкого і плавного переходу на цифрові методи передавання необхідно провести розробку комплексів уніфікованих засобів радіозв'язку, здатних працювати як у мережах з комутацією каналів, так і у мережах з комутацією пакетів. У зарубіжній пресі відзначається, що відродження інтересу до КХ зв'язку в даний час пояснюється ще й встановленою в ході досліджень вразливістю у воєнний час супутникових систем зв'язку, що отримали в 90-і роки досить широке поширення.

Еволюція систем КХ радіозв'язку представлена на рис. 1

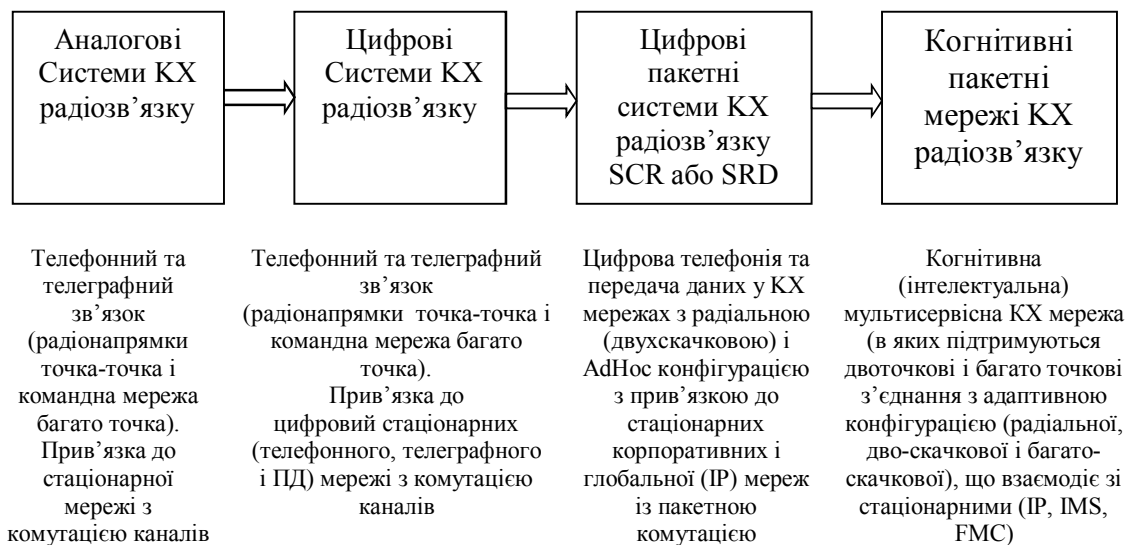


Рис. 1 Еволюція систем КХ радіозв'язку

Для зручності аналізу шляхів удосконалення ефективності КХ радіозв'язку можна виділити напрямки:

- організаційно-технічні;
- апаратурно-технічні.

До організаційно-технічних заходів можна віднести:

- організацію ретрансляції на трасах середньої та великої протяжності;
- побудову КХ мереж із використанням „базових основ” (сукупності декількох базових радіоцентрів, пов'язаних між собою кільцевою схемою, через які забезпечується зв'язок між кореспондентами даної мережі);
- організацію КХ радіозв'язку з ретранслятором винесеним із зони;
- організація лавинного КХ радіозв'язку;
- організацію рознесенного прийому.

До апаратурно-технічних заходів можна віднести:

- перехід до цифрового зв'язку в КХ діапазоні;
- використання методів адаптації;
- застосування КХ антен із керованою діаграмою спрямованості;
- упровадження прогнозування в процесі ведення КХ радіозв'язку;
- удосконалення ергономіки і надійності засобів КВ радіозв'язку;
- підвищення технічної надійності апаратури. [1]

**Аналіз останніх досліджень та публікацій** Розвиток засобів радіозв'язку спрямований на створення сімейства базових уніфікованих автоматизованих цифрових програмованих засобів радіозв'язку, які спроможні забезпечити:

- засекречування (маскування) інформації;
- автоматизацію процесів встановлення та відновлення зв'язку;
- розвід - та завадо захищені режими роботи, завадостійке кодування;
- багатоступінчасте та автоматичне управління потужністю випромінювання;
- передачу даних із швидкостями від 9,2 кбіт/с до 5 Мбіт/с;
- підтримку протоколу IP;
- ретрансляцію та маршрутизацію сигналів кореспондентів;
- передачу трафіку (мова, дані) в широкому діапазоні (від одиниць МГц до десятків ГГц), динамічну організацію мережі;
- сумісність зі старим парком радіозасобів та високу живучість мереж.

Нідерланди, Німеччина, Сінгапур, Хорватія, Італія, Фінляндія, Бельгія, Польща активно впроваджують інтелектуальні радіо пристрої (HARRIS та ін.) сумісні з відео-терміналами, терміналами командування і управління, телефонами VOIP, що отримали назву „Цифрові радіостанції високої ємності (HCDR)”, які мають переваги автоматично пропонувати себе на старшу станцію у кластері та приєднуватись до існуючої опорної мережі, формувати опорну мережу якщо не знайдуть іншої і зливати незалежно утворені опорні мережі та здатні:

- самостійно створювати мережі та приєднуватись до існуючих;
- змінювати належність, якщо знайдуть мережу з більшою якістю зв'язку;
- автоматично відключатись від мережі у випадку втрати зв'язку.[2, 3].

В таблиці 1 представлений порівняльний аналіз основних тактико-технічних характеристик засобів зв'язку виробництва провідних країн світу та України.

Порівняльний аналіз вітчизняних зразків та існуючих світових аналогів свідчить про цілковиту перевагу останніх та не конкурентоспроможність української продукції. Функціональні, ваго габаритні, ергономічні, економічні показники українських зразків, як існуючих, так і тих, що пропонуються до постановки на озброєння вітчизняними виробниками, значно поступаються зразкам провідних країн світу.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження**

Сучасний етап розвитку КХ зв'язку характеризується корінною реконструкцією його технічних засобів експлуатації, метою якої є рішення наступних головних завдань:

підвищення стійкості зв'язку, скорочення числа помилок, ліквідація технічних зупинок, здійснення операцій по автоматичному усуненню несправностей, резервуванню, високоефективній адаптації до умов, що змінюються, радіозв'язку (по перешкодах і по поширенню хвиль);

використання високотехнологічного автоматизованого устаткування на базі останніх досягнень радіотехніки й мікроелектроніки;

широке застосування мікропроцесорної техніки й ЕОМ для керування апаратурою і її вузлами, обміном інформацією в мережі, контролю алгоритмів потокорозподілення, маршрутизації й реалізації адаптаційних механізмів відповідно до умов зовнішнього середовища;

забезпечення зв'язком різних видів (аналогова й цифрова телефонія, міжмашиний обмін даними, паралельна передача повідомлень обмеженого обсягу) всіх споживачів;

надання додаткових сервісних послуг у комерційних системах: підключення до стандартних міжнародних мереж обміну інформацією, багатошвидкісне вокодерне перетворення мови, криптографічний захист інформації;

значне зниження експлуатаційних витрат за рахунок скорочення або усунення чергового персоналу, ліквідації суб'єктивного фактора з показників експлуатації, підвищення надійності й живучості системи;

економія енергетичних ресурсів.

## Порівняльна характеристика радіостанцій КХ діапазону

Тип засобів зв'язку Осн. ТТХ	HARRIS RF-5800H-MP (США)	R&S@MR300 xH/U (Німеччина)	THALES TRC 3600	P-168-5KB (Росія)	Телекарт-Прилад P-1150 (Україна)
Вид роботи	ЗЕ(однополюсна модуляція з верхньої або нижньої бокової полоси та подавленої несучої); НЗЕ(сумісна з амплітудною модуляцією – одна бокова полоса плюс повна несуча); A1A, J2A (сумісна з CW) перемикається; F3E (частотна телефонія)	Високошвидкісна передача даних до 72 Кбіт/с	Однополюсна модуляція Крок сітки робочих частот - 100 Гц	Симплекс, двохсторонній симплекс, автоматизовані адресний зв'язок, сканування по ЗПП, ППРЧ	черговий прийом; автоматичне встановлення зв'язку; одно- та двохчастотний симплекс; передача даних, у тому числі с надлишковим кодуванням; адресний виклик; ППРЧ
Діапазон частот	1.6 – 30 МГц 30 – 60 МГц	1.5 -512МГц	1.5 – 30МГц	1,5 ÷ 30МГц	1,5 – 30МГц
ожливість	функціонально сумісний із радіостанціями родини FALCON II, STANAG 4538 FLSU, MIL-STD-188-141B Appendix A	функціонально сумісний із радіостанціями і родини R&S M3TR	STANAG 4481 / 4285 STANAG 5000 DCS 100 (KG 84C), KY99 MIL-STD-188-141A	радіостанції старого парку, на заміну P-163-50K	радіостанції старого парку на фіксованих частотах
Функціональність	цифровий метод засекречування інформації. Робота в режимі "ALE" Робота в режимі цифрової телефонії з використанням методів оцифровки мови MELP та LPC-10. Можливість по протидії РЕЗ подавлення та перехвату з використанням режиму стрибків по частотам у КХ діапазоні. Забезпечення інформацією про час (TOD), (GPS).		Передача даних з швидкістю 100, 200 и 1200 бит/с в КХ діапазоні, мають можливість дистанційного управління.		забезпечує можливість передачі і прийому мовної інформації і даних
Потужність прд. (Вт)	5,10,20	10, 50 , 150, 500	н/д	1; 10	150+30
Програми	програмуєма			н/д	програмуєма
Інтерфейс	Синхронний чи асинхронний (RS-232C; MIL-STD-188-114A)	дружній інтерфейс (HMI)	IP інтерфейс RS-232	н/д	н/д
Захист	комплекс заходів електронного захисту (ЕРМ) і протидії (ЕССМ)		н/д	н/д	н/д
Вага (кг)	4,7 кг	н/д	н/д	30	75кг

Виконання цих вимог говорить про значний ріст складності апаратури КВ радіозв'язку й самих систем, використанні автоматизації й останніх досягнень науки й техніки: новітніх методів цифрової обробки сигналів із застосуванням мікропроцесорів і засобів обчислювальної техніки, передачі сигналів за допомогою складних заводських кодів та ін.

Це, у свою чергу, видозмінює існуючі й приводить до появи нових високоефективних автоматизованих систем КХ радіозв'язку зі складними внутрішньою структурою й алгоритмами адаптивного керування, інтегрованих з іншими системами у взаємопов'язану систему зв'язку.

Оперативні й експлуатаційні якості сучасних КХ систем підвищуються завдяки використанню для передавальних і прийомних радіостанцій автономних джерел живлення; створенню радіостанцій невеликої потужності з невеликими габаритами для легкого й швидкого вкриття й приведення їх у дію: розробці транспортабельного встаткування (переважно контейнерне розміщення для легкого транспортування в необхідний район вертольотом або автотранспортом); створенню простих антенних пристроїв, що працюють у режимі прийому й передачі; сполученню приймальної й передавальної частинам радіостанцій з урахуванням електромагнітної сумісності (ЕМС; впровадженню автоматизованого устаткування, що не вимагає обслуговування й контролюваного з пульта керування; використанню винесеного ретранслятора з розміщенням у ньому встаткування з високими якісними й енергетичними показниками й антенами.

Оскільки зв'язок у ДКМ діапазоні піддається впливу нестійкості іоносфери, а сам діапазон надзвичайно перевантажений сигналами станцій, що заважають, особливі вимоги пред'являють до високої надійності, умов електромагнітної сумісності й ефективності використання частотного спектра.

Сучасний КХ радіозв'язок повинен бути повністю автоматизований з адаптацією системи до характеристик, що змінюються, каналів передачі інформації. Автоматичне керування радіозв'язком – завдання більш складне, ніж автоматизація в промисловості або в енергосистемах. Це зв'язано зі складністю й не стаціонарністю умов поширення радіохвиль ДКМ діапазону й заводових ситуацій. У цих умовах забезпечення радіозв'язку з дотриманням вимог якості, надійності й стійкості приводить до необхідності введення автоматичної адаптації, що полягає в оптимізації структури, характеристик і параметрів всіх пристроїв, що входять у систему. Інакше кажучи, необхідно узгодити роботи пристроїв системи зв'язку з умовами поширення радіохвиль і заводовою обстановкою.

#### **Основні вимоги до створення новітніх засобів радіозв'язку**

На сьогоднішній день розвиток засобів радіозв'язку спрямований на створення сімейства базових уніфікованих автоматизованих розвід- і заводо захищених цифрових програмованих засобів радіозв'язку військового призначення (возимих, носимих, портативних) які спроможні забезпечити:

- реалізацію функцій засекречування (маскування) інформації;
- аварійне знищення радіо даних (в тому числі по радіоканалу);
- автоматизацію процесів встановлення та відновлення зв'язку;
- можливість передачі звіту про місце знаходження;
- забезпечення адресного виклику, групового (циркулярного) виклику;
- вмонтована система діагностики для всіх складових частин радіостанції;
- програмування радіо даних;
- наявність інтерфейсів RS-232, Ethernet, USB, підключення антенних пристроїв, підключення зовнішніх пристроїв (слухавка, мікротлф. гарнітура, програматор, ПЕОМ) та підключення апаратури криптографічного захисту інформації;
- впровадження розвід- та заводо захищених режимів роботи засобів радіозв'язку (псевдовипадкова перебудова робочої частоти, шумоподібний сигнал);
- методів багато параметричної автоматичної адаптації радіоліній та адаптивної компенсації завод (автоматичне встановлення зв'язку за стандартом ALE), заводостійкого кодування;
- багатоступінчате та автоматичне управління потужністю випромінювання;
- передачу даних із швидкостями від 9,2 кбіт/с до 5 Мбіт/с в залежності від діапазону частот та видів модуляції;
- підтримку протоколу IP;
- можливість ретрансляції та маршрутизації потоків даних;
- сканування завчасно налагоджених каналів з візуальним та звуковим контролем наявності активності на них;
- багато діапазонний режим (від одиниць МГц до десятків ГГц);
- передачу різних видів трафіку (мова, дані);
- динамічну організацію мережі; сумісність зі старим парком радіозасобів та високу живучість мереж. [4,5].

#### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Комплексну мережу зв'язку варто будувати із широким використанням систем КХ радіозв'язку на основі базових радіоцентрів – ретрансляторів, що виконують роль інформаційно-обчислювальних центрів, які забезпечують автоматизоване адаптивне управління роботою мереж, їхніх вузлів і компонентів, контроль і прогнозування сигнально заводової і інформаційної обстановки, централізоване розподіл частотного ресурсу.

У порівнянні з іншими системами системи КХ радіозв'язку на основі винесеного ретранслятора мають істотні переваги по таких визначальних показниках, як надійність і оперативність передачі інформації, живучість, вартість.

Сучасний рівень розвитку засобів КХ радіозв'язку характеризується використанням високотехнологічного автоматизованого встаткування на базі останніх досягнень радіотехніки й

мікроелектроніки, а також мікропроцесорної техніки й ПЕОМ, що дозволяє реалізовувати високоефективні системи для вирішення конкретних завдань: аналогова й цифрова телефонія, службовий зв'язок, електронна пошта, передача даних, зображень і т.д.

Обладнання таких систем апаратурою управління й оцінки якості каналів дає можливість оптимальним чином контролювати й розподіляти потоки повідомлень, адаптувати систему до умов, що змінюються, роботи й у такий спосіб забезпечувати високу якість зв'язку.

Надання широкого спектра сервісних послуг: входження в телефонні системи загального користування, підключення до мереж передачі даних, Інтернет, захист інформації – значно розширює сферу застосування систем КХ радіозв'язку, задовольняючи вимогам найрізноманітніших користувачів.

Таким чином, сучасні системи КХ радіозв'язку складні й ефективні, а коло розв'язуваних ними в цей час завдань широкий, що всупереч розхожій думці про КХ радіозв'язок як про щось застаріле, старомодному й низькоякісному, доречно говорити про новітній і суперсучасний вид зв'язку, придатному для експлуатації майже в будь-якій області людської діяльності.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Комарович В. Ф., Романенко В. Г. КВ радиосвязь. Состояние и направления развития. УДК 621.396.7
2. Joint Publication 3-0. Doctrine for Joint Operations. Joint Chiefs of Staff. Washington, DC, 17 September 2006. – 250 p.
3. Карпов Е. А. Состояние и перспективы развития системы и войск связи Вооруженных Сил Российской Федерации / Е. А. Карпов // Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации. – 2007. – С. 17–22.
4. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи/ Под. ред профессора О.В.Головина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006, 598 с.
5. Головин О.В. Декаметровая радиосвязь / О.В. Головин // М.: Радио и связь. – 1990. – 240 с.
6. <http://rf.harris.com/products/default.asp/>
7. [http://telecard.odessa.ua/production/dlya\\_silovyh\\_struktur/sredstva\\_svyazi/8/](http://telecard.odessa.ua/production/dlya_silovyh_struktur/sredstva_svyazi/8/)
8. [http://www.elektrosignal.ru/index.php?a=6&categ=1&id=78.](http://www.elektrosignal.ru/index.php?a=6&categ=1&id=78)