

Ігор Миколайович Козубцов

ВИБІР ПЕРСПЕКТИВНОГО НАПРЯМКУ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ ДЕКАМЕТРОВОЇ РАДІОЛІНІЇ

Постановка проблеми в загальному вигляді, її зв'язок із важливими науковими завданнями

Об'єктивний аналіз останніх світових політичних подій підтверджує можливість виникнення воєн і збройних конфліктів, як засобів вирішення міждержавних, релігійних, етнічних, терористичних та інших суперечностей [1]. Успіх в сучасній війні залежить не лише від співвідношення сил, військового мистецтва військового керівництва, розвитку засобів вогневого ураження і оснащення ними військ, а, головним чином, від якості системи управління. Невід'ємною складовою системи управління Збройних Сил (ЗС), що становить її матеріальну основу, є система зв'язку і автоматизації управління військами. У системах радіозв'язку відведена значима роль декаметровому (ДКМ) радіозв'язку, якому притаманні такі недоліки:

- багатопроменевість поширення радіохвиль;
- залежність вибору робочої частоти від часу доби, року та сонячної активності;
- нестационарність ДКМ радіоканалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій за проблемою

У Збройних Силах найбільш розвинених країн створюють системи управління, що дозволяють здійснювати управління військами і силами практично в масштабі реального часу [2-4]. Управління військами і зброєю значною мірою залежить від стану та ефективності функціонування системи зв'язку, а також автоматизації управління військами, стану військ зв'язку і їх здатності виконати поставлені завдання з необхідною якістю та в певні терміни. Безперервно продовжуються дослідження з забезпечення надійності та тривалості безперервного декаметрового зв'язку [2], які переконливо доводять, що надійність функціонування декаметрової радіолінії набагато вища порівняно з супутниковим зв'язком [5].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Вдосконалення систем зв'язку спрямоване, в першу чергу, на забезпечення оперативного, стійкого і прихованого управління військами та зброєю. Основним способом організації зв'язку існуючими засобами є радіомережа з жорстким

закріпленням радіозасобів і частот за посадовими особами органів управління військами. Від якісного стану систем (засобів і комплексів) радіозв'язку значною мірою залежить ступінь виконання військами зв'язку своїх бойових завдань.

Дефіцит радіочастот в діапазоні декаметрових хвиль є однією з проблем в питанні забезпечення зв'язку в тактичні ланці управління, особливо при використанні перспективних засобів зв'язку з псевдовипадковою перестройкою робочої частоти (ППРЧ) і адаптації до частотної обстановки [6, 7]. Застосування таких засобів істотно підвищує розвідзахищеність системи, її стійкість до дії засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) противника. Проте, для їх роботи необхідно виділяти не одну частоту, а пакет частот, що приведе до ще більшого дефіциту частотного ресурсу.

Таким чином, існуюча система радіозв'язку, побудована на основі принципу прямих зв'язків з жорстким закріпленням засобів зв'язку і частот за посадовими особами, не задовольняє вимогам, що висуваються до системи зв'язку з боку системи управління. А, отже, швидку зміну частот **ОРЧ** не передбачається здійснювати, чим і не забезпечується тривала безперервна робота радіозасобів в декаметровому діапазоні. Невирішеною лишається проблема забезпечення безперервної роботи радіозасобів в декаметровому діапазоні.

Метою статті є розгляд перспективного напрямку підвищення надійності військової декаметрової радіолінії за рахунок алгоритму вибору частот.

Викладення основного матеріалу

Декаметровий радіозв'язок відіграє значну роль як засіб магістрального зв'язку на велику відстань [8, 9]. В системі військового радіозв'язку найбільших змін у часі зазнає іоносферний рід радіозв'язку. Однак, через завмирання сигналу при іоносферному поширенні надійність іоносферного радіозв'язку невисока. Тому такий зв'язок в ЗС України мало придатний для передачі повідомлень першочергової важливості бойового управління. Інша справа, якщо система функціонує в умовах високої ймовірності виникнення нештатної ситуації : землетрусу, повені і т. п. [8, 9].

Живучість системи ДКМ радіозв'язку набагато вища, ніж проводового і радіорелейного (РРЗ) зв'язку.

Так, при відповідних ймовірностях того, що канал системи зв'язку протягом заданого часу буде забезпечувати передачу дискретної інформації з ймовірністю помилки в прийомі символу не гірше порогового значення для ДКМ $P_{\text{ДКМ}} = 0,5 \dots 0,7$, а провідного та радіорелейного $P_{\text{ПРРЗ}} = 0,95 \dots 0,98$, ймовірність того, що в нештатному випадку канал збережеться $P_{\text{ДКМ}} = 0,8 \dots 0,9$, а $P_{\text{ПРРЗ}} = 0,1 \dots 0,2$. Надійність системи зв'язку в нештатних умовах визначається ймовірністю того, що система протягом заданого часу забезпечуватиме передачу дискретних повідомлень з ймовірністю помилкового прийому

символу не гіршою заданої і складатиме [8]:

$$P_{\text{ДКМ}} = P_{\text{СТ}} P_{1\text{ДКМ}} + P_{\text{НСТ}} P_{\text{СДКМ}} P_{1\text{ДКМ}} = P_{1\text{ДКМ}} (P_{\text{СТ}} + P_{\text{НСТ}} P_{\text{СДКМ}}),$$

для системи радіорелейного і провідного зв'язку :

$$P_{\text{Р,П}} = P_{\text{СТ}} P_{1\text{Р,П}} + P_{\text{НСТ}} P_{\text{СР,П}} P_{1\text{Р,П}} = P_{1\text{Р,П}} (P_{\text{СТ}} + P_{\text{НСТ}} P_{\text{СР,П}}).$$

Перевагу в надійності систем наочно оцінимо відношенням: $\delta \approx P_{\text{ДКМ}}/P_{\text{ПРРЗ}}$. Із залежності δ від $P_{\text{СТ}}$ (рис. 1, крива 2) видно, що ДКМ радіозв'язок надійніший тоді, коли ймовірність виникнення нештатних випадків більше 0,5.

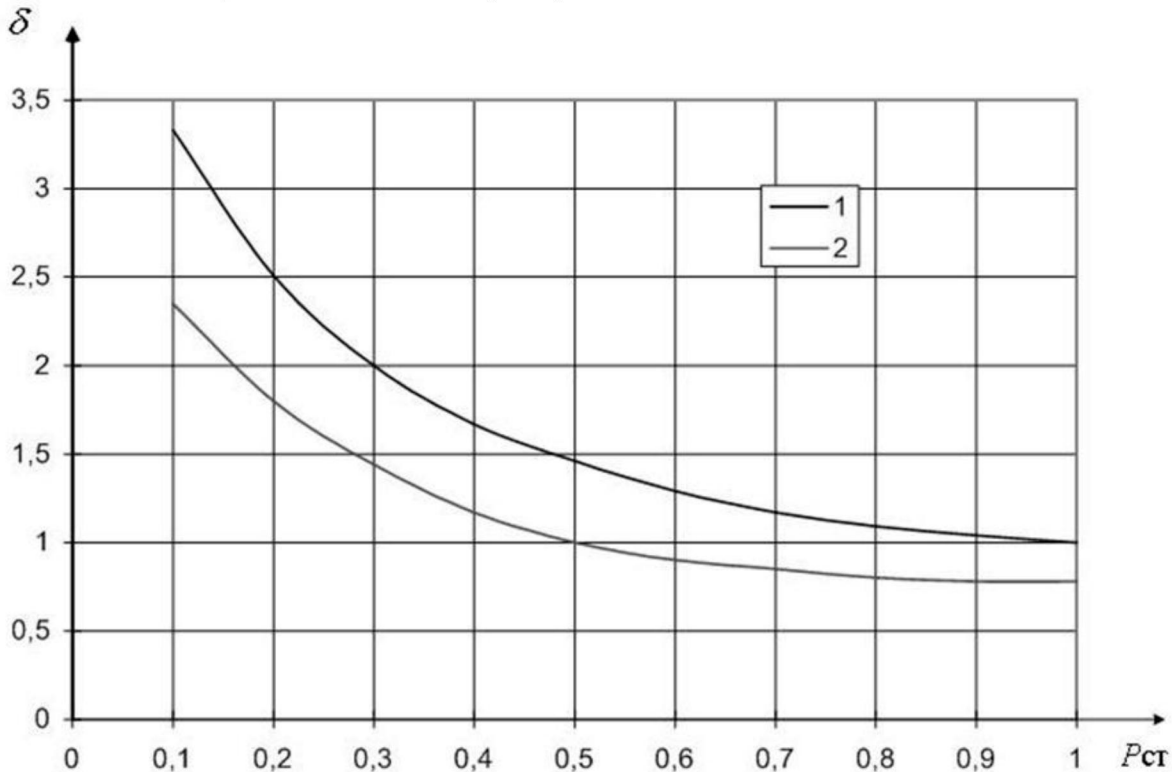


Рис. 1. Залежність надійності систем радіозв'язку та радіорелейного зв'язку від ймовірності виникнення нештатного випадку

Якщо підвищити надійність каналу ДКМ зв'язку $P_{1\text{ДКМ}}$ з 0,5... 0,7 до 0,9, то ситуація корінним чином зміниться. Як видно з рис. 1 (крива 1) [8], канал ДКМ зв'язку практично завжди надійніший інших, доки є хоча б мала ймовірність виникнення нештатного режиму. Коли ж $P_{\text{НСТ}} \geq 0,7$, ДКМ канал зв'язку більш ніж вдвічі, надійніший будь-якого іншого.

Обраний напрям переходу існуючих системи зв'язку і автоматизації на цифрові стандарти передбачає перехід від аналогових до цифрових методів передачі. Це потребує підвищення вимог до зв'язку, а саме: своєчасності, вірогідності та безпеки зв'язку. Вони в цілому впливають на надійність ДКМ радіозв'язку. Забезпечити висунуті вимоги можна наступними шляхами:

- удосконаленням методів прогнозування ОРЧ;
- розробкою методик частотно-часового розкладу роботи військових засобів ДКМ радіозв'язку на основі удосконалених методів прогнозування ОРЧ.

Слід зазначити, що складна сигнально-завадова

обстановка в ДКМ діапазоні диктує необхідність використання автоматизованої апаратури частотно-адаптивного радіозв'язку. Надійність та тривалість сеансу радіозв'язку визначається оптимальним алгоритмом вибору частоти. Розглянемо розповсюджені алгоритми вибору частот та ефективність їх використання [9]:

1. Автовибір найкращої з прогнозованих частот.

Абонент використовує для зв'язку прогнозовану частоту з максимальним перевищенням рівня сигналу над завадами.

2. Автовибір найкращої вимірної частоти.

Абонент використовує для зв'язку частоти з максимальним перевищенням рівня сигналу над завадами, які визначаються вимірюванням величини в кожному каналі перед сеансом зв'язку.

3. Вибір першої придатної частоти.

Кореспонденти ведуть зв'язок на частотах, для яких прийом здійснюється із спотворенням, не більшим допустимого, і визначається допустимою ймовірністю помилки. Тобто, обирається перша частота з достовірністю не гірше допустимої $P_{\text{п доп}}$.

4. Вибір першої випадкової частоти. Алгоритм передбачає вибір випадкової частоти з числа дозволених без визначення якості прийому.

Математична інтерпретація правил вибору РЧ для кожного алгоритму наведена в табл. 1 [9]. Оптимальним алгоритмом вибору РЧ за умов, що

для всіх чотирьох алгоритмів умовою зміни частоти є неможливість успішної передачі пакету за задане число разів по робочому каналу.

Таблиця 1

Математична інтерпретація правил вибору робочого каналу алгоритмами

Алгоритм вибору	Правило вибору
1. Автовибір найкращої з прогнозованих частот	$\text{chan} : z_{\text{роб}}(t) = \max_{i=1, Q} z_i(t)$
2. Автовибір найкращої вимірної частоти	Теж
3. Вибір першої придатної частоти	$\text{chan} : z_{\text{роб}}(t) = z_{\text{доп}} \text{ або } p_{\text{пом}}(t) \leq p_{\text{пом доп}}$
4. Вибір першої випадкової частоти	$\text{chan} = \text{rand}(\overline{1, Q})$

На рис. 2 зображено результат моделювання залежності, що характеризує ефективність системи при різних алгоритмах вибору РЧ. По осі ординат

відкладено середні матеріальні втрати (СМВ) користувача $R^{\text{СМВ}}$, по осі абсцис – допустиме значення помилки $P_{\text{пом доп}}$.

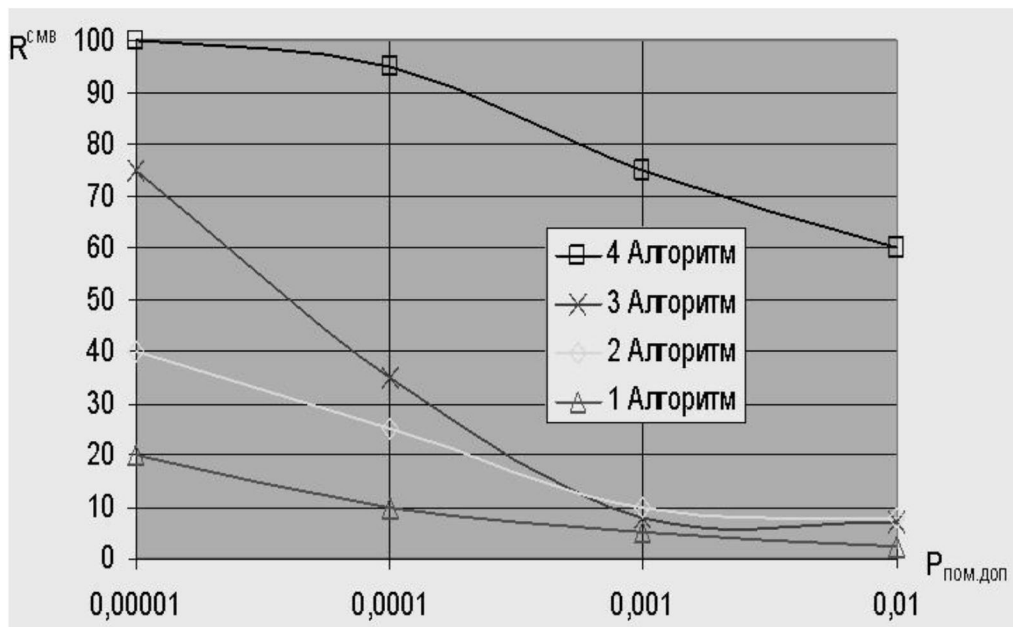


Рис. 2. Результат моделювання залежності, що характеризує ефективність системи при різних алгоритмах вибору частоти

Результати свідчать про те, що метод частотної адаптації є найбільш діючим при необхідності забезпечення високої якості передачі повідомлень ($P_{\text{пом доп}} \leq 10^{-4}$). Найбільшу ефективність має перший алгоритм – автовибір найкращої з прогнозованих частот. Надійність ДКМ радіозв'язку іоносферною хвилею буде забезпечена лише за умови оптимального вибору РЧ, достатньої потужності передавача і необхідних величин коефіцієнта підсилення передавальної і коефіцієнта спрямовуючої дії приймальної антен. Підвищити надійність ДКМ радіозв'язку на порядок можна шляхом використання адаптації за багатьма критеріями керування внутрішніх параметрів каналу зв'язку. Швидкість передачі, що впливає на своєчасність передачі повідомлень, в свою чергу, залежить від виду сигналу, способу обробки і

характеристик каналу.

Висновки з дослідження й перспективи подальших досліджень

Таким чином, можна сформулювати наступні висновки:

1. Системи ДКМ радіозв'язку займають важливе місце в системі зв'язку ЗС. Засоби зв'язку, що знаходяться на озброєнні ЗС, не відповідають сучасним вимогам до системи зв'язку і автоматизованого управління військами

2. Одним з перспективних напрямів розвитку систем радіозв'язку тактичної ланки управління є впровадження засобів зв'язку з псевдовипадковою перебудовою робочої частоти із застосуванням багатопараметричної адаптації і адаптивної компенсації перешкод.

3. Найбільш доступним напрямком підвищення надійності та тривалості безперервного зв'язку є розробка та удосконалення методів прогнозування робочих частот та методики частотно-часового розкладу роботи військових радіозасобів декаметрового діапазону. Цей напрямок передбачає своєчасний вибір ОРЧ з числа резервних, спрогнозувавши їх [10] та склавши частотно-часовий порядок своєчасної зміни робочої частоти роботи радіозасобів ДКМ діапазону.

Література

1. **Озеров В. О** ходе военных реформ в странах НАТО, В. Озеров // Зарубежное военное обозрение., 2001. №10 – С. 2 – 6. 2. **Кочугов А. А.** Магистральная радиосвязь как фактор обеспечения стабильности боевого управления / А.А. Кочугов, Н.М. Росляков, И.А. Сергеев // Стратегическая стабильность. – 2003. – №4. – С. 40 – 44. 3. **Концепция** создания единой информационно-управляющей структуры ВС США // Зарубежное Военное Обозрение. – 2003. – №1. – С. 2 – 7. 4. **Основные** направления строительства вооруженных сил за рубежом

// Зарубежное Военное Обозрение. – 2004. – №1. – С. 8 – 11. 5. **Майстренко В.А.** Декаметровая сеть связи для мониторинговых систем [Электронный ресурс] : (архив) / В.А. Майстренко, Д.В. Федосов, В.Л. Хазап, Д.А. Корнеев. – Режим доступа URL: http://www.lib.tusur.ru/fulltext/analitika/conf/2007_maistrenko_081107.pdf. 6. **Килимник Ю.П.** Адаптивные автоматизированные системы военной связи / Ю.П. Килимник, Е.В. Лебединский, В.К. Прохоров, А.Н. Шаров; под ред. А.Н. Шарова. – Л.: ВАС, 1978. – 284 с. 7. **Варакин Л.Е.** Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с. 8. **Головин О.В.** Декаметровая связь. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с. 9. **Головин О.В.** Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О.В. Головин, С.П. Простов; под ред. профессора О.В. Головина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 598 с. 10. **Кокотов О.В.** Методика підвищення ефективності частотно адаптивної радіолінії з автовибором найкращої прогнозуємої частоти / О.В. Кокотов, І.М. Козубцов // Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних мереж спеціального призначення : III-тя науково-практична конференція, 22 – 23 листопада 2006 р. : тез. доп. / ВІП НТУУ „КПІ”. – К.: ВІП НТУУ „КПІ”, 2006 – С. 49 – 54.

В работе рассмотрено одно из актуальных направлений повышения надежности и длительности непрерывной декаметровой радиосвязи. Он заключается в усовершенствовании методов прогнозирования рабочих частот и методики составления частотно-часового расписания работы военных радиосредств декаметрового диапазона.

Ключевые слова: декаметровый радиосвязь, прогнозирование, методы прогнозирования.

One of actual directions of increase of reliability and duration of continuous dekametrovogo radio contact is in-process considered. He consists in the improvement of methods of prognostication of workings frequencies and method of drafting of frequency sentinel curriculum of work of soldiery radiofacilities of dekametrovogo range.

Key words: dekametroviy radio contact, prognostication, methods of prognostication.