

Короткохвильовий радіозв'язок. Настанова

Настанова розроблена робочою групою офіцерів Командування військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України з урахуванням вимог Директивних та доктринальних документів Генерального штабу Збройних Сил України (посилання а — в) і положень публікацій НАТО (посилання г — е) та погоджена із заінтересованими органами військового управління Збройних Сил України, структурними підрозділами Генерального штабу Збройних Сил України.

Ця настанова визначає порядок розробки, основні положення, практичні рекомендації, довідкові дані і нормативні вимоги щодо організації та забезпечення КХ радіозв'язку у всіх ланках управління Збройних Сил України.

В цій настанові використовується термінологія у сфері зв'язку та інформаційних систем прийнята в керівних документах Збройних Сил України.



КОРОТКОХВИЛЬОВИЙ РАДІОЗВ'ЯЗОК

НАСТАНОВА

Видавництво
«Центр учбової літератури»
Київ – 2024

УДК 621.396.24

К 68

К 68 Короткохвильовий радіозв'язок: настанова — Київ: «Центр учбової літератури», 2024. — 83 с.

ISBN 978-611-01-3088-2

Настанова розроблена робочою групою офіцерів Командування військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України з урахуванням вимог Директивних та доктринальних документів Генерального штабу Збройних Сил України (посилання а — в) і положень публікацій НАТО (посилання г — е) та погоджена із заінтересованими органами військового управління Збройних Сил України, структурними підрозділами Генерального штабу Збройних Сил України.

Ця настанова визначає порядок розробки, основні положення, практичні рекомендації, довідкові дані і нормативні вимоги щодо організації та забезпечення КХ радіозв'язку у всіх ланках управління Збройних Сил України.

В цій постанові використовується термінологія у сфері зв'язку та інформаційних систем прийнята в керівних документах Збройних Сил України.

ISBN 978-611-01-3088-2

© «Центр учбової літератури», 2024.

ЗМІСТ

	ВСТУП	5
	ПОСИЛАННЯ НА ВІЙСЬКОВІ ПУБЛІКАЦІЇ	7
	ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	8
	ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	11
1	ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	12
1.1	Умови розповсюдження КХ радіохвиль	12
1.2	Оптимізація радіоканалу по частоті радіосигналу	14
1.3	Перешкоди радіоприйому	15
2	ПРОГНОЗУВАННЯ УМОВ ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ КХ ДІАПАЗОНУ	17
2.1	Загальні положення	17
2.2	Довгострокове прогнозування	18
2.3	Короткострокове прогнозування	19
2.4	Оперативне прогнозування	19
2.5	Вимоги до програмного забезпечення призначеного для прогнозування умов поширення радіохвиль	20
3	АНТЕННІ ПРИСТРОЇ КХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ	21
3.1	Класифікація антен за основними характеристиками	21
3.2	Антени для роботи земними хвилями	23
3.3	Антени для роботи іоносферними хвилями	26
3.4	Антени зенітного випромінювання	29
4	СИСТЕМИ І ЛІНІЇ КХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ	32
4.1	Загальні положення	32
4.2	Автоматичний адаптивний КХ радіозв'язок	34
4.3	Системи КХ радіозв'язку з автоматичним встановленням з'єднання (ALE)	40
4.4	Системи КХ радіозв'язку з автоматичним встановленням з'єднання ALE 2G	42
4.5	Системи КХ радіозв'язку з автоматичним встановленням з'єднання та підтримкою інтерфейсу інтернет –протоколу (IP) ALE 3G	44
4.6	Системи КХ радіозв'язку з псевдовипадковим переналаштуванням робочої частоти	50
5	ОРГАНІЗАЦІЯ КХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ	53
5.1	Основні засади організації КХ радіозв'язку	53
5.2	Основні процеси, що реалізуються при плануванні КХ радіозв'язку	54
5.3	Типи і зміст задач планування КХ радіозв'язку, що підлягають автоматизації	57
5.4	Особливості організації КХ радіозв'язку при застосуванні на радіолініях різнотипних радіосистем	61

Додатки:		
1	Типи антен та їх умовне позначення	64
2	Антенні пристрої військових засобів радіозв'язку	65
3	Антенні пристрої військових засобів радіозв'язку виробництва компанії Hagtis	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ (ДЖЕРЕЛ)		83

ВСТУП

Радіозв'язок в діапазоні 3,0 ÷ 30,0 МГц (100 ... 10 м) має назву “короткохвильовий” (КХ), виходячи з назви хвиль. За міжнародними стандартами КХ радіозв'язок іменується як декаметровий (далі – ДКМВ) або високочастотний (ВЧ, англ. – HF) радіозв'язок.

Основною перевагою КХ радіозв'язку перед іншими родами зв'язку є можливість здійснення безпосереднього зв'язку між кореспондентами з використанням передавачів обмеженої потужності практично на будь-яку відстань шляхом відбиття радіохвиль від іоносфери.

У короткостроковому плані середовище поширення КХ радіохвиль є надзвичайно нестійким і непередбачуваним. Поширення радіохвиль в смузі КХ діапазону відбувається, головним чином, за допомогою іоносферної хвилі з використанням рефракції радіохвиль від іоносфери або, в деяких випадках, за допомогою земної радіохвилі.

За ступенем автоматизації процесів ведення радіозв'язку радіосистеми поділяються на не адаптивні і адаптивні.

В не адаптивних системах процес встановлення та ведення зв'язку здійснюється оператором, який повинен налаштувати параметри радіосистеми, відстежувати умови поширення сигналу, що змінюються, здійснювати вибір оптимальної частоти, використовуючи процедури моніторингу іоносфери з метою забезпечення передачі інформації з встановленою якістю.

В адаптивних системах процес встановлення, ведення зв'язку та ретрансляції сигналів автоматизований, що дозволяє планувати їх застосування, в сукупності з іншими системами передачі в системі електрозв'язку різних ланок управління ЗС України.

Хоча у адаптивних систем є безліч переваг, включаючи менше високі вимоги до підготовки оператора, в доступному для огляду майбутньому, не адаптивні системи як і раніше будуть використовуватися в системі управління військами (силами) і зброєю до їх повного виведення з експлуатації.

Мета Настанови.

Запровадження в діяльність посадових осіб органів управління зв'язком та підрозділів зв'язку оптимальних методів планування та забезпечення стійкого КХ радіозв'язку з використанням адаптивних радіосистем.

Сфера застосування Настанови.

Настанова “Короткохвильовий радіозв'язок” призначена для використання посадовими особами всіх ланок управління Збройних Сил, а також науковими та науково-педагогічними працівниками вищих військових навчальних закладів та наукових установ Збройних Сил, слухачами, які здобувають відповідну освіту.

Вміст Настанови викладено на рівні діяльності посадових осіб органів управління зв'язком та розглядає технічні аспекти операцій HF-ALE крім тих, які необхідні для ефективного планування застосування КХ радіосистем.

Настанову розроблено з урахуванням положень нових керівних публікацій, існуючої організаційної структури військ, органів управління та рівня оснащення військ технічними засобами КХ радіозв'язку.

Положення Настанови є обов'язковими і повинні суворо виконуватися посадовими особами органів управління зв'язком при проведенні планування та розгортанні КХ адаптивних радіомереж з використанням методів і процедур автоматичного встановлення зв'язку (HF-ALE).

ПОСИЛАННЯ НА ВІЙСЬКОВІ ПУБЛІКАЦІЇ

Позначка військової публікації	Повне найменування військової публікації
	а. Тимчасова доктрина застосування сил оборони держави, затверджена та введена в дію наказом Генерального штабу Збройних Сил України від 31.03.2020 № 124/ДСК
ВКП 7-00(01).01	б. Доктрина підготовки сил оборони держави, затверджена наказом Генерального штабу Збройних Сил України від 21.01.2020 № 18
ВД 7-05(03).01	в. Доктрина розвитку військових публікацій у Збройних Силах України, затверджена начальником Генерального штабу Збройних Сил України 29.05.2020
STANAG 4538	г. “Technical standards for an automatic radio control system (ARCS) for HF communication links” (Технічні стандарти автоматичної системи радіоуправління (ARCS) для КХ зв’язку)
STANAG 4444 C3B	д. “Technical standards for as low hop HF/PM communications system” (Технічні стандарти для системи КХ адаптивного зв’язку із повільною ППРЧ)
FM 6-02.74	е. “Multiservice tactics, techniques, and procedures for the high frequency-automatic link establishment (HF-ALE) radios” (Багатосервісна тактика, техніка та процедури для короткохвильових автоматичних ліній зв’язку (HF-ALE))

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Адитивна радіоперешкода – радіоперешкода, впливова дія якої визначається підсумовуванням з корисним радіосигналом.

Відображена радіохвиля – радіохвиля, що розповсюджується після відображення від поверхні розділу двох середовищ або від неоднорідностей середовища.

Девіація радіочастоти – найбільше відхилення частотна модульованого радіосигналу від значення його несучої частоти.

Діапазон робочих радіочастот– смуга частот, в межах якої забезпечується робота радіостанції.

Земна радіохвиля – радіохвиля, що розповсюджується поблизу земної поверхні і включає пряму хвилю, хвилю, що відображена від землі і поверхневу радіохвилю.

Завадостійкість радіосистеми – здатність радіосистеми протистояти дії радіо завадам.

Завадозахищеність радіосистеми – здатність радіосистеми протистояти впливу певних перешкод.

Заломлена радіохвиля – радіохвиля, яка поширюється після проходження через поверхню розділу двох середовищ.

Клас радіовипромінювання – сукупність характеристик радіовипромінювання, що виражена умовними позначеннями видів модуляції, модулюючого сигналу і переданих повідомлень, а також, при необхідності, додаткових характеристик сигналу.

Кут падіння радіохвилі – гострий кут між напрямком поширення падаючої радіохвилі і нормаллю до поверхні розділу двох середовищ у точці падіння радіохвилі.

Мультиплікативна радіоперешкода – радіоперешкода, вплив якої проявляється в зміні параметрів корисного радіосигналу.

Отримана (присвоєна) смуга радіочастот – смуга частот, в межах якої радіостанції дозволено випромінювання.

Отримана (присвоєна) радіочастота – частота, яка відповідна середині смуги частот, що присвоєні радіостанції.

Поглинання радіохвиль – зменшення енергії радіохвилі внаслідок часткового переходу її в теплову енергію в результаті взаємодії із середовищем.

Радіоперешкода – електромагнітна перешкода в діапазоні радіочастот.

Розсіювання радіохвиль – перетворення розповсюджених в одному напрямку радіохвиль, що поширюються в різних напрямках.

Смуга частот – область частот, що обмежена нижньою і верхньою межами.

Ширина смуги частот – різниця між верхньою і нижньою межею смуги частот.

Робоча радіочастота – частота, що призначена для ведення радіозв'язку радіостанцією.

Область D – частина іоносфери, розташована приблизно між 50 і 90 км над поверхнею Землі.

Область E – частина іоносфери, розташована приблизно між 90 і 150 км над поверхнею Землі.

Область F – частина іоносфери, розташована над поверхнею Землі на висоті понад 150 км.

Іоносферне розсіювання радіохвиль – розсіювання радіохвиль, обумовлене нерівномірностями і неоднорідностями іонізації іоносфери.

Іонізований шар – область підвищеної іонізації іоносфери, інтенсивність якої змінюється протягом доби, сезону і його 11-річного сонячного циклу.

Критична частота радіовипромінювання – найвища частота радіовипромінювання, при якій вертикально спрямована радіохвиля відбивається від іонізованого шару іоносфери.

Найменша застосовувана частота – найнижча частота, що дозволяє забезпечити при поширенні сигналу за допомогою іоносфери прийнятну якість роботи радіолінії між заданими кінцевими пунктами в даний час при конкретних умовах експлуатації.

Максимальна застосовувана частота – найвища частота радіовипромінювання, на якій існує іоносферне розповсюдження радіохвиль між заданими пунктами, в заданий час при певних умовах.

Оптимальна робоча частота радіовипромінювання – частота радіовипромінювання нижче максимальної застосовуваної частоти, на якій може здійснюватися стійкий радіозв'язок в певних геофізичних умовах.

Антена – пристрій для випромінювання або приймання електромагнітних хвиль.

Спрямована антена – антена, що забезпечує в певному(певних) напрямку більш ефективне випромінювання або приймання радіохвиль, ніж в інших.

Ненаправлена антена – антена, що забезпечує однакову ефективність випромінювання або приймання радіохвиль в усіх напрямках в заданій площині

Несиметричний вібратор – вібратор, розташований над поверхнею провідника, що сполучається одним кінцем з фідером, а іншим кінцем з'єднується з поверхнею провідника, наприклад землею, противагою антени або корпусом об'єкта.

Симетричний вібратор – вібратор у вигляді двох симетрично розташованих в одній площині провідників однакової довжини і форми, по суміжних кінцях яких підводиться фідер.

Зниження антени – частина антени, що представляє собою вертикальний або похилий провід, пов'язаний нижнім кінцем з фідером або входом радіоприймача, а іншим - з верхньою частиною антени.

Фідер – електричне коло і допоміжні пристрої, за допомогою яких енергія радіочастотного сигналу підводиться від радіопередавача до антени або від антени до радіоприймача.

Коефіцієнт підсилення антени – відношення потужності на вході еталонної антени до потужності, що підводиться до входу даної антени, за умови, що обидві антени створюють в даному напрямку на однаковій відстані рівні

значення напруженості поля або таку ж щільності потоку потужності.

Коефіцієнт корисної дії антени—відношення потужності радіовипромінювання, що створюється антеною, до потужності радіочастотного сигналу, що підводиться до антени.

Діаграма спрямованості антени— графічне представлення залежності коефіцієнта підсилення антени або коефіцієнта направленої дії антени від напрямку антени в заданій площині.

Ширина діаграми спрямованості антени — кут між двома напрямками діаграми спрямованості антени, на межах якого напруженість поля падає до певного значення.

Коефіцієнт спрямованої дії антени — відношення квадрата напруженості поля, що створюється антеною в даному напрямку, до середнього значення квадрата напруженості поля в усіх напрямках.

Діапазон антени — діапазон частот або довжин хвиль, в якому параметри антени знаходяться в заданих межах.

Ефективна площа приймальної антени — площа, яка визначається відношенням максимальної потужності, котра може бути надана приймальною антеною без урахування втрат в узгодженому навантаженні, до потужності, за одиницю площі в падаючій плоскій радіохвилі.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення та умовні позначення	Повне словосполучення та поняття, що скорочуються
1	2
ГПУ	Головний пункт управління
ГШ	Генеральний штаб
ДКМВ	Декаметровий (далі –) або
ЗС України	Збройні Сили України
ІТС	Інформаційно-телекомунікаційна система
КХ	Короткохвильовий
МО України	Міністерство оборони України
ОК	Оперативне командування
ОТУ	Оперативно-тактичне угруповання
ППРЧ	Псевдовипадкове переналаштування робочої частоти
ПУ	Пункт управління
СЕДО	Система електронного документообігу
ТЧ	Тональна частота
ТЧР	Таблиця чергового радиста
2G	Друге покоління
3G	Третє покоління
AGC	Автоматичний контроль посилення
ALE	Автоматичне встановлення зв'язку
AMD	Автоматичне відображення повідомлень
COMSEC	Безпека зв'язку
DES	Стандарт шифрування даних
GPS	Глобальна система позиціонування
HF-ALE	КХ автоматична лінія радіозв'язку
HF (ВЧ)	Високочастотний
ID	Ідентифікація
КЕК	Ключ ключа шифрування
KEYMAT	Маніпуляційний матеріал
LOS	Пряма видимість
LP	Захист з'єднання
LQA	Аналіз якості зв'язку
MIL STD	Військовий стандарт
RPD	Дані радіо програмування
SOP	Постійна робоча процедура
ТЕК	Ключ шифрування трафіку
TOD	Час дня
USB	Верхня бічна смуга

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Умови розповсюдження КХ радіохвиль

1.1.1. **Короткі хвилі (КХ)** – це ділянка спектра радіочастот від 3.0 до 30.0 МГц (К-діапазон, довжина хвилі $\lambda = 100 \div 10\text{м}$). Для військових цілей обладнання, що призначене для використання в К-діапазоні, історично розроблялося з частотним охопленням, що поширюється на частину ділянки діапазону середніх хвиль (СВ). Для військових КХ радіосистем стандартні параметри КХ смуги включені в розширене покриття і займають ділянку спектра від 1,5 до 30.0 МГц (довжина хвилі $\lambda = 200 \div 10\text{м}$).

1.1.2. **Електромагнітна енергія, яку випромінює передавальна КХ антена**, поширюється двома шляхами: уздовж землі – земні радіохвилі, і після відбиття від іоносфери – іоносферні (просторові) радіохвилі.

1.1.3. Енергія земних радіохвиль згасає з відстанню, головним чином, через поглинання землею поверхнею. Земні радіохвилі використовують для зв'язку на порівняно невеликі відстані (десятки кілометрів). Ослаблення напруженості електромагнітного поля земних хвиль залежить від параметрів підстиляючої поверхні і довжини хвилі. За електричними параметрами підстиляючі поверхні поділяються на три основні типи:

- а)** з великою провідністю (водні простори, болотисті місця);
- б)** із середньою провідністю (райони з піщаної, супіщаних і глинистих ґрунтах);
- в)** з малою провідністю (степові, пустельні і кам'яністі ґрунти).

1.1.4. Для радіозв'язку на великі дальності використовують іоносферні радіохвилі, які при сприятливих умовах можуть поширюватися на скільки завгодно великі відстані із застосуванням передавачів відносно невеликої потужності і антен порівняно малих розмірів.

1.1.5. **Іоносфера** – це іонізована частина верхньої атмосфери Землі, що розташована на висотах вище приблизно 60 км. Структура і властивості іоносфери значно змінюються з висотою. Процеси, які відбуваються в іоносфері, тісно пов'язані як з сонячною активністю, так і з процесами в магнітосфері та варіаціями магнітного поля Землі та рухами верхньої атмосфери.

1.1.6. **Іоносфера є нестационарним анізотропним середовищем**. Нестационарність визначає зміну в часі параметрів іоносфери (протягом доби, в залежності від пори року і одинадцятирічного циклу сонячної активності), а властивість анізотропії обумовлено наявністю магнітного поля Землі, що викликає поляризаційні замирання радіосигналу (ефект Фарадея).

1.1.7. **Напруженість поля іоносферних хвиль** при правильному виборі частот і антен зі збільшенням відстані зменшується повільно. Цей вид поширення радіохвиль дозволяє забезпечити дальність радіозв'язку на сотні і тисячі кілометрів (радіо засобами при потужності передавачів від десятків ватів до декількох кіловат).

1.1.8. Відповідно до рівня електронної концентрації розрізняють чотири області іонізації, які позначають буквами D, E, F1, F2 і називають шарами. Найбільш істотний вплив на поширення радіохвиль КХ діапазону справляє шар F2, що має найбільшу електронну концентрацію.

Розташування шарів іоносфери зображені на рисунку 1.

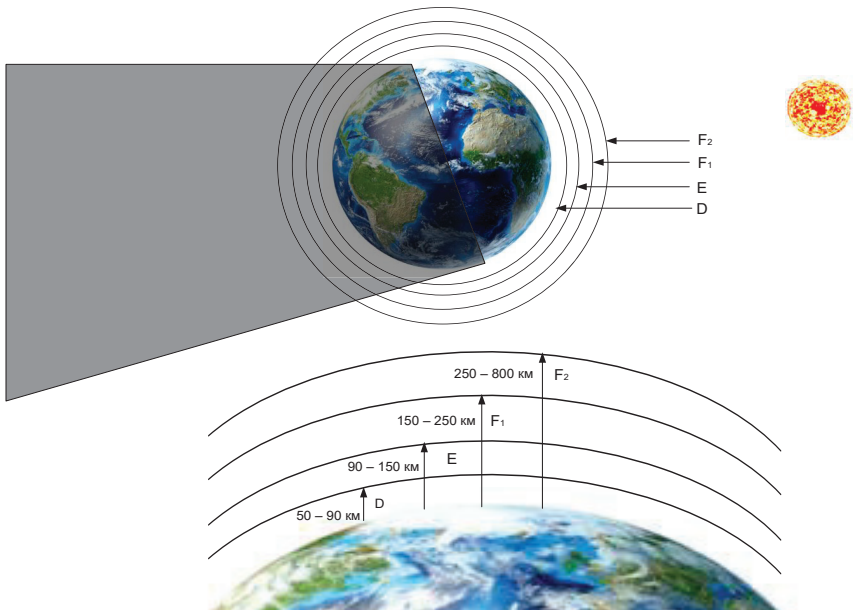


Рисунок 1 – шари іоносфери.

1.1.9. Добові зміни електронної концентрації в іоносфері приблизно відповідають зміни висоти Сонця. При цьому максимум висоти Сонця відповідає максимуму електронної концентрації. Сезонні зміни в стані іоносфери виражаються як в зміні величини електронної концентрації, так і висоти іонізованих шарів.

1.1.10. Зміна меж робочого діапазону частот призводить до необхідності зміни робочої довжини хвилі протягом доби: вдень забезпечується робота на

хвилях 10-25 м, а вночі на хвилях 35-100 м.

1.2. Оптимізація радіоканалу по частоті радіосигналу

1.2.1. Короткохвильова радіолінія може успішно працювати при виконанні двох умов:

а) повинна бути виконана умова відбивання хвилі від іоносфери;

б) напруженість поля корисного сигналу в місці прийому повинна перевищувати рівень перешкод.

З першої умови обирається ОРЧ. Друга умова обмежує діапазон застосовних частот знизу: чим нижче частота (в межах КХ діапазону), тим сильніше поглинання хвилі в іоносфері.

1.2.2. Під оптимізацією радіоканалу по частоті радіосигналу розуміється рішення багатокритеріальної задачі присвоєння оптимальних радіочастот радіосистемам з урахуванням умов поширення радіохвиль, характеристик радіосистем і радіоліній, а також зовнішніх і внутрішніх деструктивних впливів на роботу підсистеми КХ радіозв'язку.

1.2.3. Умови поширення радіохвиль залежать від діючої висоти відбиття шару іоносфери, довжин хвиль радіовипромінювання та характеристик антенних пристроїв.

Траєкторії радіопромінів в іоносфері для різних довжин хвиль і електронної концентрації зображені на рисунку 2.

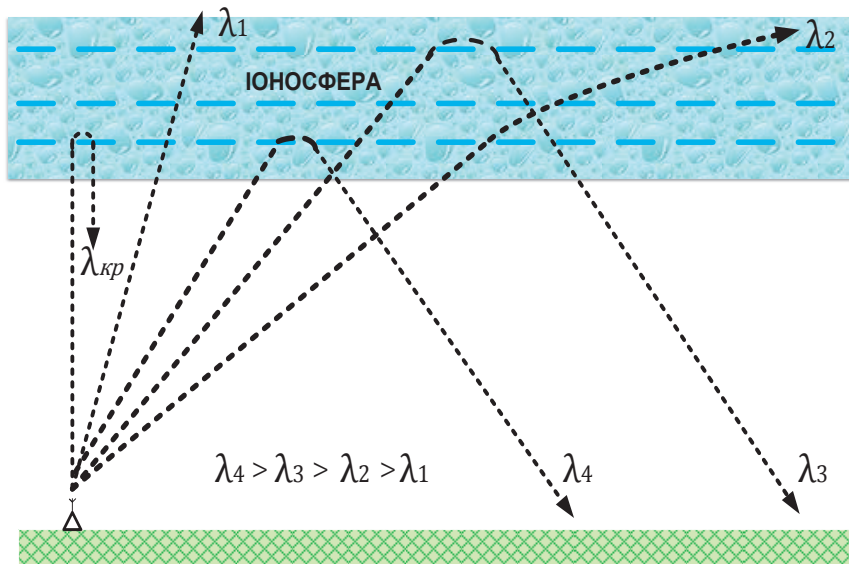


Рисунок 2 – траєкторії радіопромінів в іоносфері для різних довжин хвиль.

Книги, які можуть вас зацікавити



Забезпечення
особистої кібербезпеки
військовослужбовця



Лінії радіозв'язку та
антенні пристрої



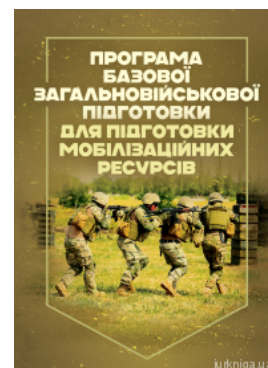
Управління
радіочастотним
ресурсом. Настанова



Підготовка тактичних
груп (відділення,
взвод). Альбом схем та
методичних матеріалів



Сучасні військові
засоби радіо та
супутникового зв'язку



Програма базової
загальновійськової
підготовки (для
підготовки
мобілізаційних
ресурсів)

Перейти до галузі права
Військове право



[Перейти на сайт →](#)