

В. І. Мордюк, Ю. В. Синицький

Науково-дослідний інститут воєнної розвідки, Київ, Україна

## МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛЬНО-КODOVIХ КОНСТРУКЦІЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВСТАНОВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ У СЕАНСАХ З КОРЕСПОНДЕНТАМИ

**Анотація.** Радіозв'язок вважається найважливішим засобом управління військовими підрозділами, а також є необхідною умовою для досягнення інформаційної переваги над супротивником. З метою підвищення ефективності використання сил та засобів, а також для успішного виконання поставлених завдань підрозділами доцільно використовувати системи автоматизованого встановлення зв'язку. Однак недосконалість відповідних систем встановлення декаметрового радіозв'язку з урахуванням сучасних вимог до військового радіозв'язку виключає можливість використання відповідних систем. Метою статті є розроблення методичних аспектів визначення параметрів сигнально-кодovих конструкцій системи автоматизованого встановлення зв'язку, які доцільно створювати і впроваджувати для потреб воєнного часу. У статті виконаний огляд основних елементів систем автоматичного встановлення зв'язку та здійснено аналіз сигнально-кодovих конструкцій як однієї з головних частин системи. Розроблено методичні аспекти визначення основних параметрів сигнально-кодovих конструкцій системи автоматизованого встановлення зв'язку, що дає змогу побудови відповідних систем з урахуванням сучасних вимог до військового радіозв'язку. Доцільність та актуальність використання систем автоматизованого встановлення зв'язку підтверджують технічні стандарти MIL-STD-188-110D та MIL-STD-188-141D.

**Ключові слова:** системи встановлення радіозв'язку; декаметровий радіозв'язок; системи передачі інформації; військовий радіозв'язок; вимоги до військового радіозв'язку; елементи системи; сигнально-кодovі конструкції; стандарти MIL-STD.

### Вступ

#### Постановка проблеми в загальному вигляді.

Сьогодні радіозв'язок є найважливішим засобом управління підрозділами, які беруть у спеціальних операціях та в безпосередньому зіткненні з ворогом. В умовах маневреного швидкоплинного бою надійний радіозв'язок є гарантією стійкого і гнучкого управління, а з урахуванням швидкої модернізації автоматизованих систем управління підрозділами – необхідною умовою досягнення інформаційної переваги над супротивником.

Суттєве ускладнення і розширення цільових завдань у сфері управління призвело до зростання кількості завдань щодо забезпечення управління підрозділами, вирішення яких досягається розгортанням систем передачі інформації (СПІ). Як наслідок - підвищуються вимоги до систем радіозв'язку, зокрема щодо своєчасності, достовірності та прихованості. Для виконання зазначених вимог необхідно вжити низку заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування СПІ. Одним із них є імплементація системи автоматизованого встановлення зв'язку (АВЗ), доцільність та актуальність якої обґрунтовують технічні стандарти MIL-STD-188-110D та MIL-STD-188-141D.

Таким чином, відсутність систем АВЗ з урахуванням наведених вище вимог виключає можливість використання відповідних систем для забезпечення нормального функціонування СПІ.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У [1] викладено основні принципи функціонування завадозахищеної системи АВЗ короткохвильового

(КХ) діапазону, а також наведено відповідні складові цієї системи без розкриття параметрів сигнально-кодovих конструкцій.

У [3, 4] проаналізовано концепції систем Automatic Link Establishment (ALE). У зазначених джерелах міститься детальна інформація про встановлені форми сигналів, їх структуру, протоколи та вимоги до продуктивності систем АВЗ.

Результати аналізу сучасних публікацій [3-5] показали, що тенденцією розвитку систем АВЗ є забезпечення повної автономності радіостанцій (радіоліній) зв'язку, і як наслідок – оптимізація заходів та виключення (мінімізація) помилок оператора під час сеансу зв'язку.

Джерело [6] описує створення перспективних систем АВЗ із визначеними варіантами завадостійких кодів, способів модуляцій та перемишувань. Також наведено аналіз продуктивності запропонованої моделі.

Робота [7] описує результати дослідження системи АВЗ, у якому для обміну інформацією використовувалися широкосмугові сигнали у поєднанні з системою автоматичного встановлення зв'язку четвертого покоління відповідно MIL-STD-188-110D.

Із проаналізованого випливає, що наявні системи АВЗ загалом та їх складові (сигнально-кодovі конструкції) не враховують особливостей військового радіозв'язку та вимог до нього, у зв'язку з чим немає умов для якісного їх впровадження у системи радіозв'язку, що використовується для воєнних потреб.

Для забезпечення ефективного та якісного функціонування системи АВЗ та подальшого обміну

інформацією у ході ведення сеансу зв'язку неабияк важливо обґрунтовано обирати параметри сигнально-кодових конструкцій.

**Формулювання мети статті.** Мета статті - розробити методичні аспекти визначення параметрів сигнально-кодових конструкцій системи автоматизованого встановлення зв'язку для потреб воєнного часу. Для досягнення цієї мети насамперед слід проаналізувати сигнально-кодові конструкції наявних систем АВЗ та їх параметри.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Умови розповсюдження радіохвиль декаметрового діапазону визначаються станом іоносфери, якій характерні регулярні (добові, сезонні, циклічні) і нерегулярні (короткотривалі) зміни, що обумовлюють необхідність планування робочих частот протягом доби, року, циклу сонячної активності, а також характеристиками антенно-фідерних систем (способом розгортання, напрямком діаграми спрямованості, коефіцієнтом підсилення тощо). У зв'язку з цим декаметровий (ДКМ) зв'язок іоносферною хвилею можна встановити лише при неперервному стеженні за станом іоносфери, її спроможністю відбивати радіохвилі і забезпечувати їх розповсюдження на необхідну відстань та при врахуванні особливостей антенно-фідерних систем, розгорнутих на вузлах зв'язку чи окремих радіостанціях.

Своєчасність та прихованість радіозв'язку при плануванні й у ході проведення сеансу зв'язку насамперед залежать від правильного вибору робочих частот, видів сигналів та антен, що відповідають умовам роботи кореспондентів та їх місцезнаходженню. При нівелюванні критеріїв правильного вибору сигналів, частот і антен збільшення потужності не допоможе значно поліпшити характеристики каналу зв'язку або відновити його у разі втрати.

Досвід застосування засобів зв'язку під впливом систем та комплексів радіоелектронної боротьби противника багаторазово підтверджував необхідність автоматизації процесів встановлення та ведення зв'язку між радіостанціями, тобто використання систем АВЗ. Результати аналізу існуючих систем АВЗ показують, що з урахуванням вимог до військового радіозв'язку та його особливостей процес встановлення зв'язку слід розділити на дві складові:

автоматичне встановлення зв'язку;

вибір оптимальних параметрів сигнально-кодових конструкцій, необхідних для ведення зв'язку на визначених на частотах.

Нині автоматичне встановлення зв'язку зумовлює такі дії [1]:

автоматичний підбір радіочастоти (декількох радіочастот) для виклику кореспондента;

автоматичний підбір радіочастоти (декількох радіочастот) для відповіді кореспондента;

вибірковий виклик кореспондента;

автоматичне оцінювання якості проходження інформації на обраних радіочастотах та вибір оптимальної радіочастоти (субчастоти).

Якість здійснення автоматичного встановлення зв'язку визначається алгоритмом та типом сигналь-

но-кодової конструкції, обраної для забезпечення зв'язку.

Застосування однакових сигнально-кодових конструкцій на всіх етапах ведення зв'язку, як це реалізовано в стандарті MIL-STD-188-141D [3], не є оптимальним, зважаючи на необхідність забезпечення гарантованого встановлення зв'язку в тих каналах, де обрані сигнально-кодові конструкції здатні забезпечувати протидію значному погіршенню якості каналу, зберігаючи при цьому можливість детектування. Такий підхід доцільно застосовувати для зв'язку кореспондентів, які перебувають відносно недалеко один від одного, мають схожу завадозахищеність обстановку, та коли пріоритет швидкості встановлення зв'язку переважає над його завадозахищеністю.

Вибір сигнально-кодової конструкції.

Особливістю сигнально-кодової конструкції, необхідної для автоматичного встановлення зв'язку, є її гарантоване детектування на визначених радіочастотах в умовах відсутності апріорної інформації про стан проходження іоносферної хвилі між радіостанціями.

Специфіка розповсюдження ДКМ-хвиль впливає на характеристики тих сигналів, які можуть ефективно застосовуватися для ведення зв'язку іоносферною хвилею, адже до сигналу не тільки додається шум ефіру, а й відбуваються амплітудні та фазові спотворення – доплерівський зсув, інтерференційні завмирання, радіоехо, багатопрореневість сигналів [1]. Сигнально-кодова конструкція має забезпечувати проходження сигналу через радіоканал із мінімальними спотвореннями (високонадійне низькошвидкісне передавання сигналів виклику), що гарантуватиме встановлення зв'язку в складних умовах.

Сигнально-кодова конструкція визначає детальні вимоги до класу випромінювання, часових і частотних параметрів сигналу, виду завадозахищеного кодування та структури повідомлень.

Клас випромінювання.

Радіосигнал при розповсюдженні іоносферною хвилею зазнає фазових спотворень, тому для нього немає можливості наперед спрогнозувати фазу, але можна оцінити її. Завдяки оцінюванню параметрів сигналу на відносно коротких відрізках часу радіоканал із довільно змінною фазою слід вважати локально стаціонарним. У цьому разі для демодуляції радіосигналу можна застосувати когерентний (квазікогерентний) метод і використовувати фазову маніпуляцію як ефективний клас випромінювання. Такий принцип закладено в системи АВЗ типу HFDL та ALE третього покоління, що описаний в стандарті MIL-STD-188-141B: застосовується метод високошвидкісної передачі однотоновим фазоманіпульованим сигналом, який має мінімальний пік-фактор (це дає змогу знизити вимоги до підсилювача потужності радіостанцій), синхронізуючі послідовності, а також метод прогнозування характеристик каналу. Водночас при зменшенні рівня сигналу до рівня, коли однозначно фазу сигналу визначити неможливо - через відносно велику швидкість зміни фази сигналу, або через неідеальну реалізацію коге-

рентного демодулятора, відбувається різке зростання імовірності помилки – надійність системи може бути під загрозою, прийом сигналів виклику стає неможливим. У такому разі єдиною можливістю стає некогерентний спосіб прийому сигналів з активною паузою та ортогональними складовими, тобто, частотна маніпуляція [9].

Швидкість маніпуляції.

Вважаючи, що основний спосіб застосування радіозасобів декаметрового діапазону – стаціонарне розміщення, яке визначається робочими довжинами хвиль і ефективними розмірами антенно-фідерних систем більш ніж 10 м на місцевості, а доплерівський зсув частот визначається в основному рухом іонізованих частинок, на яких здійснюється відбиття радіохвиль, і тоді інтервал когерентності складатиме 40 – 100 мс [1].

Комбінації класу випромінювання та швидкості маніпуляції.

Груповий сигнал багаточастотної маніпуляції з ортогональними складовими являє собою однотоновий сигнал постійної амплітуди зі змінною частотою, що має мінімальний пік-фактор (це дає змогу знизити вимоги до підсилювача потужності радіостанції), а в частотній області – на нескінченному інтервалі часу відстеження являє собою суму  $N$  гармонічних коливань з інтервалом  $\Delta f$ . Для ортогональних складових інтервал  $\Delta f$  дорівнює швидкості маніпуляції, а загальна ширина смуги частот багаточастотної маніпуляції складає  $\Delta F = (N+1) \times \Delta f$  [8].

Для визначення оптимальної комбінації класу випромінювання та швидкості маніпуляції слід розглянути всі можливі варіанти (швидкості 25, 50, 100 Бод оптимальні для частоти дискретизації 8000 Гц, швидкості 46.875, 75, 93.75, 125 Бод оптимальні для частоти дискретизації 6000 Гц та 12000 Гц.).

Основними аналогами є такі існуючі системи:

ALE 2G відповідно MIL-STD-188-141B (MFSK-8,  $V=125$  Бод,  $\Delta F= 1125$  Гц);

CROWD-36 (MFSK-32,  $V=10/40$  Бод,  $\Delta F= 1400$  Гц);

CIS FTM-4 (MFSK-4,  $V=150$  Бод,  $\Delta F= 12300$  Гц);

Olivia (MFSK-32,  $V=31,25$  Бод,  $\Delta F= 1030$  Гц);

Piccolo-12 (MFSK-12,  $V=20,15$  Бод,  $\Delta F= 260$  Гц);

CIS MFSK-68 (MFSK-32,  $V=46,875/93,75$  Бод,  $\Delta F= 6400$  Гц);

CHINESE-32 (MFSK-32,  $V=75$  Бод,  $\Delta F= 2475$  Гц).

З метою виконання вимог Сектору стандартизації електрозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU-T) необхідно, щоб сигнал радіостанції не виходив за межі каналу тональної частоти (300 – 3400 Гц) чи подвоєного каналу (режим двосмугової роботи -3400...+3400 Гц) – загальна ширина смуги частот багаточастотної маніпуляції має бути не більше ніж 3100 чи 6800 Гц.

Завадостійке кодування.

Завадостійке кодування застосовується для підвищення якості зв'язку та зменшення впливу шуму, завад, завмирань радіосигналів завдяки дода-

ванню контрольованої надлишковості до інформації, що підлягає передаванню [8].

Результати наявних досягнень у галузі кодування інформації дають змогу сучасним системам зв'язку наблизитися впритул до межі Шеннона [10] – верхньої межі максимального обсягу інформації, що передається без помилок.

Застосування ефективного завадостійкого кодування дає змогу досягти визначеної ймовірності помилки на біт за меншого значення відношення “сигнал/шум”, що відповідає зменшенню необхідної потужності. Тобто “виграш” у кодуванні означає можливість використання меншої потужності та менш ефективних антен, або збільшення дальності зв'язку при збереженні рівня потужності.

Склад та обсяг команд, необхідних для встановлення зв'язку.

Результати аналізу сучасних систем АВЗ показують, що для передавання команд виклику та відповіді застосовуються пакетні поділи фіксованої довжини, які після формування підлягають завадостійкому кодуванню, та перестановці біт (interleaving). Це забезпечує єдиний алгоритм оброблення повідомлень у сигнальних процесорах, а також оптимізацію процесів кодування й декодування інформації. При цьому ці пакети постійно передаються (циклічно) до отримання підтвердження чи виконання вимог пакета приймальною станцією. У системах типу HF DL та ALE третього покоління використовується 26 біт, в перспективній системі 4G відповідно стандарту MIL-STD-188-141B – 96 біт у пакеті [3].

Отож під час аналізу основних складових наявних систем АВЗ та їх параметрів досліджуються сигнально-кодові конструкції та розробляються методичні аспекти визначення основних параметрів відповідних конструкцій (з урахуванням вимог до військового радіозв'язку) які містять наступні етапи:

1. Визначення класу випромінювання.
2. Визначення швидкості маніпуляції.
3. Визначення комбінації класу випромінювання та швидкості маніпуляції.
4. Визначення методу кодування.
5. Визначення складу та обсягу команд встановлення зв'язку.
6. Аналіз параметрів каналу зв'язку.
7. Адаптація сигнально-кодової конструкції.

**Етап 1. Визначення класу випромінювання.** Однією з характеристик радіоканалу декаметрового діапазону хвиль є багатопрореневість, середній час затримки радіосигналів зазвичай складає 1 – 3 мс, у найгіршому разі – 4 мс. Основним способом боротьби з запізненням радіосигналів є збільшення тривалості елементарної одиниці інформації, що легко реалізується в системах із частотною маніпуляцією. У зв'язку з цим оптимальним класом випромінювання для системи АВЗ, є частотна маніпуляція (FSK). Згідно з [9], ефективність систем із FSK зростає зі збільшенням кількості частотних складових, тому доцільно обирати багаточастотну маніпуляцію (multiple frequency shift keying – MFSK). Схожий принцип закладено в систему АВЗ типу ALE 2G відповідно стандарту MIL-STD-188-141B, у якій застосовується метод

відносно повільної передачі інформації за допомогою багаточастотної маніпуляції (MFSK-8, швидкість 125 Бод, рознесення частот 250 Гц) та в системі CROWD-36 (MFSK-32, швидкість 10/40 Бод, рознесення частот 40 Гц), що дає змогу ефективно боротись з міжсимвольною інтерференцією.

#### Етап 2. Визначення швидкості маніпуляції.

Зважаючи на особливості декаметрового зв'язку та способи використання його для вирішення поставлених завдань, оптимальний діапазон тривалості елементарної одиниці інформації для системи автоматичного зв'язку, складає 8 – 40 мс, що визначає межі швидкості маніпуляції 25 – 125 Бод.

**Етап 3. Визначення комбінації класу випромінювання та швидкості маніпуляції.** При виборі конкретної комбінації класу випромінювання та швидкості маніпуляції слід зважати на: оптимальний діапазон тривалості елементарної одиниці інформації, баланс між інформаційною швидкістю та заводо захищеністю, дозволена чи бажана ширина смуги частот, кратність обраній частоті дискретизації, стабільність частот опорних генераторів радіопередавального та радіоприймального пристроїв, наявність доплерівського зсуву частот.

Зважаючи на проаналізовані обмеження та вимоги, слід зазначити, що оптимальними є такі комбінації класу випромінювання та швидкості маніпуляції, а саме:

MFSK-64, V=25 Бод;

MFSK-64, V=50 Бод;

MFSK-64, V=75 Бод.

Відповідно, на початку процесу встановлення зв'язку обирається варіант із швидкістю 50 Бод. На етапі адаптації комбінація може змінюватися на одну з представлених.

**Етап 4. Визначення методу кодування для забезпечення стійкості до різних видів завод.** Для виконання визначених вимог до забезпечення встановлення зв'язку необхідно застосовувати сучасні види заводостійкого кодування, такі як:

згорткове кодування (в системах типу HF DL та ALE третього покоління – код зі швидкістю  $\frac{1}{2}$  та кодовим обмеженням 7);

каскадний код (згідно з [10], для ймовірності помилки на біт, що дорівнює  $10^{-3}$  - каскадний код ефективніше за згортковий на 5 дБ);

турбокод (згідно з [10], для ймовірності помилки на біт, що дорівнює  $10^{-3}$  - турбокод ефективніше за каскадний на 2,5 дБ);

код із низькою щільністю перевірки на парність (LDPC – код, згідно з [11], для ймовірності помилки на біт рівної  $10^{-3}$  LDPC – код ефективніше турбокоду на 1 – 2 дБ).

Водночас при виборі конкретного виду заводостійкого кодування слід зважати на складність реалізації кодера та декодера [11].

**Етап 5. Визначення складу та обсягу команд встановлення зв'язку.** З метою адресного виклику кореспондента та забезпечення встановлення зв'язку на оптимальних частотах в складі команд виклику та відповіді повинні бути наступні елементи:

тип команди;

адреса кореспондента, якого викликають;  
адреса кореспондента, який викликає;  
тип даних до передачі;  
тип апаратури (режим роботи);  
частота відповіді кореспондента, якого викликають (команда на здійснення трасового випробування);

стисле повідомлення (за потреби);  
контрольна сума повідомлення.  
Тип команди має містити такі складові:  
виклик;  
відповідь на виклик;  
відмова від зв'язку (розірвання);  
передача тексту;  
передача бітового потоку (дає змогу передавати додаткову інформацію, що не зазначена в певному протоколі – точний час, режими роботи, квитанції на пакети тощо)

Тип даних до передачі може включати такі складові:

стисле повідомлення;  
повідомлення середнього обсягу;  
велике за обсягом повідомлення;  
передача файлів;  
передача голосу в цифровій формі;  
передача голосу в аналоговій формі;  
потокове відео;  
відповідь на виклик;  
завершення (розірвання) виклику;  
елемент трасового випробування;  
резерв.

Тип апаратури (режим роботи).

Частота відповіді кореспондента, якого викликають (команда на здійснення трасового випробування) має забезпечувати призначення частот ДКМ хвиль із кроком 1 кГц.

Контрольна сума повідомлення на основі циклічних надлишкових кодів CRC (Cyclic redundancy code) дає мінімальну надлишковість у дані, що передаються, та ідеально підходить для виявлення помилок, спричинених шумом та заводами в радіоканалі.

**Етап 6. Аналіз параметрів каналу зв'язку.** Після першого обміну інформацією між кореспондентами є змога провести аналіз наступних характеристик каналу зв'язку: частотні характеристики, рівень шумів, наявність завод тощо. Відповідний аналіз здійснюється у ході встановлення зв'язку та під час сеансу зв'язку для визначення оптимальних параметрів та адаптації сигнально-кової конструкції.

**Етап 7. Адаптація сигнально-кової конструкції.** З урахуванням проведеного аналізу характеристик каналу зв'язку проводиться адаптація конструкції по наступним параметрам:

комбінація класу випромінювання та швидкості маніпуляції;  
метод кодування;  
Відповідно проводиться зміна наступних параметрів випромінювання (за можливістю):  
потужність передачі;  
зміна передавальних та приймальних антен, їх спрямованість.

## Висновки

У процесі огляду основних складових існуючих систем встановлення зв'язку в декаметровому діапазоні хвиль здійснено аналіз сигнально-кодових конструкцій та їх параметрів, на основі чого представлено оптимальні характеристики відповідних параметрів. Отож досліджено сигнально-кодові конструкції наявних систем АВЗ як однієї з головних частин, що впливає на якість системи.

Результатом роботи є розроблені методичні аспекти визначення параметрів сигнально-кодових конструкцій системи автоматизованого встановлення зв'язку для потреб воєнного часу, що містять в собі 7 етапів: визначення класу випромінювання, визначення швидкості маніпуляції, визначення комбінації класу випромінювання та швидкості маніпуляції, визначення методу кодування, визначення складу та обсягу команд встановлення зв'язку, аналіз

параметрів каналу зв'язку, адаптація сигнально-кодової конструкції. Новизна майбутніх розробок полягає у врахуванні вимог до систем автоматизованого встановлення зв'язку при використанні методичних аспектів визначення основних параметрів сигнально-кодових конструкцій для побудови систем АВЗ. Це дасть змогу удосконалити методичний апарат розробки систем військового радіозв'язку та уніфікувати процедури їх проектування.

Доцільність та актуальність використання систем АВЗ підтверджують стандарти MIL-STD-188-110D та MIL-STD-188-141D, однак виникає необхідність виконання сучасних вимог до військового радіозв'язку, а також врахування його особливостей.

Подальший напрямок дослідження полягає у розробці методики визначення основних параметрів сигнально-кодових конструкцій для побудови перспективних систем АВЗ з урахуванням вимог та особливостей військового радіозв'язку.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Маковий В.А. Принципы построения помехоустойчивой системы АУС диапазона ДКМВ / В.А. Маковий, С.А. Шкурков // Теория и техника радиосвязи: наук.-техн. журнал / ВАТ "Концерн "Созвездие". – Воронеж, 2011. - № 4. – С. 33-43.
2. П. Эльдаров. Перспективная автоматизированная система связи WIN-T сухопутных войск США. Зарубежное военное обозрение. 2016. №1. С. 57 – 61.
3. Department of Defense Interface Standard, 2017. MIL-STD-188-141D INTEROPERABILITY AND PERFORMANCE STANDARDS FOR MEDIUM AND HIGH FREQUENCY RADIO SYSTEMS. USA.
4. Department of Defense Interface Standard, 2017. MIL-STD-188-110D INTEROPERABILITY AND PERFORMANCE STANDARDS FOR DATA MODEMS. USA.
5. Four generations of ALE – an HF COMM tutorial: Collins Aerospace, United Technologies Company, 2018. 23 c.
6. Bilal, A., Sun, G.: Automatic link establishment for HF radios. In: Proceedings 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS), Beijing, pp. 640–643 (2017)
7. Jorgenson, M.B., Cook, N.T.: Results from a wideband HF usability study. In: Proceedings IEEE Military Communications Conference, Tampa, FL, pp. 1454–1459 (2015)
8. Al-Dulaimi S.S., Kandeeran S.: Automatic Link Establishment for High Frequency Networks with Eavesdropping and Jamming. In: IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 65, No. 7, pp. 5701-5716 (2016)
9. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2. испр. Пер с англ. – М.: Изд. Дом. «Вильямс», 2004. – 1104 с.
10. Пятін І. С. Дослідження касадних кодів та турбокодів / І.С. Пятін, В.В. Мішан, Д.В. Вершков // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. -2018. – №6. – С. 85-91.
11. Пятін І.С. Порівняння продуктивності завадостійких кодів на основі програмного HDL моделювання для захищених інформаційних технологій / І.С. Пятін, Ю.М. Бойко // Інформаційні та комп'ютерні технології / Університет «УКРАЇНА». – Київ, 2022. - № 1(03). – С. 43-68.

Received (Надійшла) 22.03.2023

Accepted for publication (Прийнята до друку) 24.05.2023

## Methodological aspects of determining the main parameters of the signal-code constructions of the automated contact establishment system in sessions with correspondents

V. Mordiyuk, Y. Synytskiy

**Abstract.** Radio communication is considered the most important means of commanding military units, and is also a necessary condition for achieving information superiority over the enemy. In order to increase the efficiency of the use of forces and means, as well as for the successful performance of assigned tasks by units, it is advisable to use automated communication systems. However, the imperfection of the appropriate systems for establishing decimeter radio communication, taking into account modern requirements for military radio communication, excludes the possibility of using the appropriate systems. The purpose of the article is to develop methodological aspects of determining the parameters of the signal-code structures of the system of automated communication establishment, which are expedient to create and implement for the needs of wartime. The article reviews the main elements of automatic communication establishment systems and analyzes signal-code structures as one of the main parts of the system. The methodological aspects of determining the main parameters of the signal-code structures of the automated communication establishment system have been developed, which makes it possible to build appropriate systems taking into account modern requirements for military radio communication. The expediency and relevance of the use of automated communication establishment systems is confirmed by technical standards MIL-STD-188 -110D and MIL-STD-188-141D.

**Keywords:** radio communication installation systems; decimeter radio communication; information transmission systems; military radio communication; requirements for military radio communication; elements of the system; signal-code structures; MIL-STD standards.