

УДК 621.391

д-р техн. наук Могилевич Д. І. ORCID: 0000-0002-4323-0709 (ВІТІ ім. Героїв Крут)
Долженко Г. В. ORCID: 0009-0005-2940-7087 (ВІТІ ім. Героїв Крут)

АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО КОМУНІКАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕРЕЖІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Впровадження великої кількості новітніх засобів зв'язку та експлуатація їх в умовах ведення бойових дій вимагає аналізу стану системи технічного обслуговування та ремонту з урахуванням реальних умов функціонування системи зв'язку. Проведено аналіз останніх публікацій при дослідженні організації технічного обслуговування електронного комунікаційного обладнання мережі спеціального призначення та встановлено, що практично відсутні дослідження оцінки впливу технічного обслуговування на процес функціонування системи зв'язку.

У сучасних умовах на систему зв'язку діють зовнішні та внутрішні чинники негативного впливу. Збереження або автоматичне відновлення можливості виконання всіх або визначених функцій системи зв'язку в умовах впливу потоку експлуатаційних відмов, навмисних пошкоджень, втручання в обмін та обробку інформації, а також помилок обслуговуючого персоналу забезпечується функціональною стійкістю системи. Попередження та зменшення впливу дестабілізуючих внутрішніх факторів, що впливають на систему зв'язку, забезпечується системою технічного обслуговування та ремонту. Існуюча система технічного обслуговування застаріла та не враховує умови експлуатації засобів зв'язку.

Невелика кількість відомих моделей об'єктів технічного обслуговування є недостатньою для дослідження технічного обслуговування існуючих та перспективних зразків техніки. Застосування великої номенклатури сучасного електронного комунікаційного обладнання без належної системи технічного обслуговування може бути причиною зриву функціонування системи зв'язку та втрати управління військами. Подальші дослідження будуть спрямовані на удосконалення методів побудови моделей технічного обслуговування з урахуванням виконання вимог системи зв'язку до функціонування.

Ключові слова: технічне обслуговування, система зв'язку, функціональна стійкість, надійність.

D. Mogylevych, H. Dolzhenko Analysis of the technical maintenance system state of electronic communication equipment in a special-purpose network

The implementation of a large number of state-of-the-art communication devices and their operation in combat conditions requires an analysis of the state of technical maintenance and repair systems, taking into account the actual conditions of communication system operation. An analysis of recent publications on the organization of technical maintenance of electronic communication equipment of special-purpose networks has been conducted, revealing a lack of research on the assessment of the impact of technical maintenance on the functioning of communication systems.

In modern conditions, external and internal factors of negative influence affect the communication system. The preservation or automatic restoration of the ability to perform all or certain functions of the communication system under the influence of operational failures, deliberate damage, interference in information exchange and processing, as well as errors by the servicing personnel, is ensured by the functional stability of the system. Prevention and mitigation of the impact of destabilizing internal factors affecting the communication system are provided by the system of technical maintenance and repair. The existing technical maintenance system is outdated and does not take into account the operating conditions of communication devices. The limited number of known models of technical maintenance objects is insufficient for the study of technical maintenance of existing and prospective equipment models. The application of a large range of modern electronic communication equipment without an adequate technical maintenance system can lead to a disruption in the functioning of the communication system and loss of command over the troops. Further research will focus on improving methods of building technical maintenance models, considering the fulfillment of communication system requirements for operation.

Keywords: technical maintenance, communication system, functional stability, reliability.

Постановка завдання. Мережа зв'язку спеціального призначення виконує важливу роль у забезпеченні автоматизації управління військами Збройних Сил України, особливо в умовах повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну. Зміна потреб військ зв'язку при забезпеченні виконання завдань в умовах ведення бойових дій призвела до потреби впровадження сучасних засобів зв'язку. Водночас існує необхідність дослідження організації системи технічного обслуговування (ТО) електронного комунікаційного обладнання (ЕКО) з урахуванням реальних умов функціонування системи зв'язку.

Аналіз останніх публікацій. Дослідженню проблеми організації ТО військової техніки та озброєння ЗСУ присвячена значна кількість робіт, аналіз основних із них викладено нижче.

В [1] проаналізовано традиційні стратегії ТО, вказано їхні переваги та недоліки. Наведено перспективи застосування прогнозованого ТО ЕКО з використанням машинного навчання, аналізу даних і моніторингу його технічного стану в реальному часі, що дозволить підвищити операційну ефективність, скоротить час простою й оптимізує витрати на ТО. Однак не вказано недоліки цієї стратегії, які потрібно враховувати, а саме: збір та аналіз великого обсягу даних, розробку прогнозних моделей, впровадження систем моніторингу стану засобів комунікаційного обладнання та підготовку обслуговуючого персоналу.

В [2] встановлено позитивний вплив застосування стратегії ТО та ремонту озброєння та військової техніки (ОВТ) за технічним станом на загальну ефективність через зниження питомої вартості; підвищення часу використання за призначенням; зменшення контрольних перевірок завдяки кращій інформованості про стан працездатності ОВТ; зниження витрат на ремонт завдяки запобіганню непередбачених виходів ОВТ з ладу; зменшення кількості випадків по усуненню відмов на місцях виконання завдань ОВТ; зменшення витрат, пов'язаних з наявністю аварій і заміни ОВТ; зниження часу знаходження в обслуговуванні; здатність виявляти й втручатися на ранніх стадіях до виникнення необхідності капітального ремонту двигуна; знижене споживання ЗІП завдяки збільшенню строків використання; зниження вартості управлінських дій завдяки прогнозуванню заявок на поставку ЗІП. З метою досягнення євроатлантичних стандартів та критеріїв, необхідних для набуття членства в НАТО, запропоновано необхідні умови щодо практичного впровадження ТО і ремонту за станом у процесі організації експлуатації ОВТ ЗС України. Однак не досліджено питання проведення ТО за станом для сучасного ЕКО.

В [3] зроблений висновок щодо необхідності вдосконалення чинної системи ТО та приведення її як у відповідність до вимог чинної системи в ЗС країн-членів НАТО, так і до застосування тих видів ТО, які б забезпечували під час обслуговування найкращий показник надійності нової чи вдосконаленої системи з обслуговування, але при дослідженні не враховано реальні умови експлуатації новітніх засобів зв'язку, що може вплинути на організацію системи ТО.

В [4] проведено аналіз наявної системи технічного забезпечення засобів зв'язку та автоматизованої системи управління (АСУ) і системи підготовки фахівців-ремонтників у країнах, що входять до складу ОЗС НАТО. Пропонуються підходи до створення аналогічної системи в Україні, а також до застосування видів ремонту, їх ешелонування, визначення загального критерію оцінки ефективності сил і засобів технічного забезпечення з'єднань з підтримки ОВТ у справному та готовому до бойового застосування стані, але не вказано шляхи розвитку системи ТО ЕКО.

В [5] встановлено, що основними недоліками управління технічним станом військової техніки на теперішній час є недосконалість процесів ТО та відновлення військової техніки, що його забезпечують. Сформульовано основні шляхи усунення вказаних недоліків, але не розглядається, як запропоновані рішення вплинуть на процес експлуатації засобів зв'язку.

В [6] запропоновано методичний підхід, який дозволить спрогнозувати зміни станів засобів зв'язку, що дасть загальне розуміння стану всього комплексу засобів зв'язку та автоматизації АСУ військами пункту управління, але не було запропоновано, що робити з отриманими результатами.

В [7] запропоновано основні напрямки удосконалення системи ТО цифрових засобів зв'язку: визначення головної мети ТО в процесі експлуатації цифрових засобів зв'язку, які надходять на озброєння; визначення сукупності взаємопов'язаних засобів, виконавців і документації з ТО, призначеної для підтримання справного і працездатного стану техніки зв'язку; оптимізація періодичності та видів ТО цифрових засобів зв'язку з визначенням

методик проведення кожного із них, але не було досліджене питання ТО засобів зв'язку подвійного призначення.

В наукових працях, які розглянуто, практично відсутні результати, що стосуються оцінки впливу ТО на функціональну стійкість ЕКО.

Метою статті є аналіз стану системи ТО ЕКО мережі спеціального призначення та її вплив на процес функціонування системи зв'язку.

Виклад основного матеріалу.

Система зв'язку (СЗ) – сукупність взаємозв'язаних, сумісних та узгоджених за завданнями вузлів і ліній військового зв'язку, орендованих каналів передавання і групових трактів та утворених на їхній основі систем (мереж), що призначена для вирішення задач забезпечення управління військами (силами), зброєю в мирний час, під час їх приведення у вищі ступені бойової готовності, підготовки та ведення операцій (бойових дій) [8]. Сьогодні спостерігається стабільна тенденція до загальної модернізації і розвитку СЗ, зокрема, важливим є створення та функціонування багатопараметричної системи, яка інтегрує функції управління військами, зброєю, розвідкою, радіоелектронною боротьбою, а також зв'язком, навігацією та орієнтуванням. Це вимагає відповідності концепції управління військами прийнятій у країнах НАТО та побудови єдиного інформаційного простору.

В цьому контексті відбувається оснащення підрозділів передовими засобами зв'язку та переходу до сучасних цифрових технологій.

Процес функціонування СЗ – це взаємодія компонентів системи, включаючи обладнання та програмне забезпечення, яка забезпечує виконання покладених на них функцій, а саме передачу й обробку інформації між користувачами. У сучасних умовах на СЗ негативно впливають як внутрішні (відмови, збої, помилки персоналу), так і зовнішні (активний або пасивний вплив зовнішнього середовища та противника) фактори. Збереження або автоматичне відновлення можливості виконання всіх або визначених функцій СЗ в умовах впливу потоку експлуатаційних відмов, навмисних пошкоджень, втручання в обмін та обробку інформації, а також помилок обслуговуючого персоналу забезпечується функціональною стійкістю системи.

В роботах [9; 10] сформульована властивість функціональної стійкості та загальна теорія її визначення для складних технічних систем. При цьому, в якості показників функціональної стійкості системи пропонується обрати сімейство $P(F_\tau)$, що визначає ймовірність збереження функціональних властивостей системи для фазової траєкторії $z(t, \alpha)$ на інтервалі часу $I = [0, \tau]$, де $F_\tau = F_\tau\{z(t, \alpha), t \leq \tau\}$ – однопараметричне сімейство дійсних функціоналів, $t, \tau \in I, \alpha \in A$, де A – множина структур системи. Після визначення $B_{A_\tau}^F$ як множини припустимих значень F_τ отримано критерій функціональної стійкості системи у вигляді виразу (10) [11]:

$$P\{F_\tau[z(t, \alpha), t \leq \tau] \in B_{A_\tau}^F\}. \quad (1)$$

Місце функціональної стійкості в системі властивостей складних технічних систем, якою є СЗ, визначено у роботі [12]. Зроблено висновок про те, що:

сутність надійності системи полягає в збереженні у встановлених межах значень всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах та умовах застосування, ТО та транспортування під час експлуатаційних відмов, спричинених фізичним старінням, конструктивно-виробничими недоліками; надійність забезпечується застосуванням високонадійної елементної бази та системи ТО;

сутність стійкості до відмов полягає в збереженні працездатності системи в цілому зі встановленою якістю під час експлуатаційних відмов та збоїв у елементах системи; стійкість до відмов забезпечується застосуванням всіх видів резерву, можливістю деградації системи до заданого рівня;

сутність живучості полягає в здатності системи протистояти зовнішнім впливам та бойовим пошкодженням, зберігаючи обмежену працездатність; живучість забезпечується заходами із захисту від протистояння противника та зовнішніх впливів;

сутність адаптивності полягає в збереженні певної частини системи при зміні множини параметрів, що дозволяє оптимальним способом досягти мети, яка була визначена.

Забезпечення функціональної стійкості СЗ досягається застосуванням у складній системі різних, вже існуючих видів надлишковості (апаратурної, структурної, часової, інформаційної, функціональної та ін.) шляхом перерозподілу ресурсів з метою зменшення наслідків позаштатних ситуацій [13].

Попередження та зменшення впливу негативних внутрішніх факторів, що впливають на СЗ та її функціональну стійкість, забезпечується системою ТО та ремонту. Технічне обслуговування являє собою комплекс робіт, які проводяться з метою підтримання техніки зв'язку та автоматизованого управління військами в справному стані під час зберігання, транспортування, підготовки до використання за призначенням та використання за призначенням.

До основних задач ТО належать:

запобігання передчасному зносу і виходу з ладу механічних елементів;

виходу електричних параметрів апаратури за межі встановлених норм;

виявлення і усунення несправностей і причин їх виникнення;

доведення параметрів і характеристик до норм;

продовження міжремонтних ресурсів (термінів) і термінів експлуатації [14].

Система ТО включає в себе наступні завдання:

контроль технічного стану та перевірка ефективності;

технічне обслуговування;

планове поточне обслуговування та капітальний ремонт;

підготовка вимірювальних інструментів для калібрування.

Строки проведення ТО визначені наказом начальника Генерального штабу Збройних Сил України від 11 квітня 2003 року № 22 (зі змінами) [14].

Слід зауважити, що цей наказ розроблявся на основі технічної експлуатації ЕКО, яке знаходилось в той час на озброєнні ЗСУ. На зразках техніки, оснащених комплексами вмонтованого автоматизованого контролю і діагностики, передбачається поточне ТО за станом у необхідному обсязі, але впровадження великої кількості різнотипного обладнання, часто подвійного призначення без відповідного їх метрологічного і діагностичного забезпечення, створює певні труднощі в організації ТО та ремонту – відсутні технологічні картки, принципові схеми та рекомендації до проведення регламентних робіт.

Структура, склад і порядок побудови СЗ визначені в [15]. Згідно з [16] на пункті управління повинен забезпечуватись набір визначених комунікаційних сервісів, які необхідні начальнику для ефективного управління військами (табл. 1)

Таблиця 1

Приклад матриці комунікаційних сервісів

Посадова особа ПУ	Телекомунікаційні сервіси					
	ТА ЗСУ001	ТА ЗСУ002	АРМ ЗК ЗСУ001	АРМ ЗК ЗСУ002	Термінал ВКЗ	АРМ «Віраж»
Начальник ПУ	+	+	+	+	+	+
Заступник НПУ	+	+	+	+		
Начальник штабу ПУ	+	+	+	+		

Надання визначених комунікаційних сервісів забезпечується використанням великої номенклатури ЕКО вітчизняного та закордонного виробництва, зазвичай подвійного

призначення. Вітчизняні виробники розробляють та надають необхідну документацію, що використовується для коректної експлуатації, ТО та ремонту ЕКО.

Розглянемо ЕКО мережі спеціального призначення, що отримало широке застосування при побудові СЗ, а саме радіостанції Harris Falcon II та Falcon III, що забезпечують надійний зв'язок навіть у складних умовах.

Режим псевдовипадкової перебудови робочої частоти робить ці радіостанції стійкими до радіоелектронної протидії противника.

Завдяки широкому діапазону частот радіостанції Harris Falcon II та Falcon III можуть виконувати множинні завдання, такі як:

- одноканальний тактичний зв'язок;
- вузькосмуговий та широкосмуговий режим роботи;
- автоматична ретрансляція та маршрутизація інформації (MANET) [17].

Для радіостанцій виробництва «Harris» основними вважаються два види ТО (профілактичне і позапланове) та три рівні обслуговування. Профілактичне обслуговування – це планові заходи, спрямовані на запобігання поломок обладнання та мінімізацію простоїв.

Профілактичне обслуговування включає в себе:

підтримку обладнання в чистому та сухому стані, без пилу;
щоденний огляд: візуальний огляд, вбудовані тести, перевірка батареї, кабелів, роз'ємів, антени;

щотижневий огляд: більш детальний огляд, включаючи перевірку антени на пошкодження, роз'ємів на корозію, ковпачків;

щорічне обслуговування: комплексна перевірка радіостанції та заміна батареї HUB.

Позапланове ТО проводиться при виявленні несправностей під час профілактичного обслуговування або роботи радіостанції.

Рівні обслуговування включають в себе:

перший рівень – визначення працездатності (виконується оператором без додаткового обладнання);

другий рівень – більш детальна діагностика (виконується оператором з додатковим обладнанням);

третій рівень – діагностика до модуля (виконується сертифікованим персоналом з використанням спеціального обладнання) [8].

При побудові транкінгового зв'язку використовуються абонентські станції (автомобільні й портативні) та ретранслятор (один або декілька) стандарту Mototrbo. Обладнання працює згідно зі стандартом DMR у діапазоні VHF від 136 МГц до 174 МГц (Національна Гвардія України використовує обладнання Mototrbo у діапазоні UHF від 403 МГц до 470 МГц), з чотирьохпозиційною частотною маніпуляцією (4FSK) у цифровому режимі та частотною модуляцією (FM) у аналоговому. Для аналого-цифрового перетворення мови використовується кодек AMBE+2.

Засоби транкінгового зв'язку стандарту Mototrbo виробництва компанії Motorola, які відрізняються високими якістю та функціональними можливостями, підтримують цифровий режим роботи та забезпечують криптографічний захист інформації, на сьогодні широко використовуються у системі військового зв'язку для організації радіозв'язку в тактичній ланці управління і добре зарекомендували себе під час проведення антитерористичної операції.

Технічне обслуговування радіостанцій являє собою комплекс організаційно-технічних заходів планово-запобіжного характеру щодо підтримки їх у стані відповідно до вимог технічної документації протягом усього строку експлуатації. Основні завдання ТО радіостанцій: забезпечення правильного функціонування; контроль технічного стану радіостанцій і визначення придатності до подальшої експлуатації; виявлення й усунення несправностей і причин їх появи; ліквідація або недопущення наслідків впливу несприятливих

кліматичних, експлуатаційних й інших дестабілізуючих факторів; аналіз і узагальнення відомостей результатів виконаних робіт, розробка заходів щодо вдосконалювання форм і методів ТО [18].

ЕКО виробництва компаній «Cisco» та «Grandstream» виконують важливу роль при побудові СЗ. Маршрутизатори, комутатори, голосові шлюзи, а також сервери характеризуються високою надійністю та здатністю до відновлення після збоїв та відмов, часто без участі персоналу, який його експлуатує. Однак на вказане ЕКО відсутні технологічні картки, принципові схеми та рекомендації щодо проведення ТО. Широке застосування ЕКО без належного ТО ставить під загрозу функціонування всієї системи, адже вихід з ладу одного критично важливого елемента буде вимагати або фізичної заміни на працездатне, або довготривалого усунення несправностей. В умовах повномасштабної війни росії проти України це може призвести до фатальних наслідків, таких як зрив управління військами. На цей момент такі критичні ситуації попереджаються наявністю структурного резерву, який в випадку зриву функціонування повністю замінює непрацездатне обладнання.

Несвоєчасне проведення ТО на ЕКО мережі спеціального призначення може призвести до технічних відмов обладнання та викривлення вихідної інформації від зовнішнього середовища та користувачів, стохастичних збоїв й фізичного руйнування елементів і компонентів обладнання, що, в свою чергу, буде причиною зриву функціонування та зниження функціональної безпеки та стійкості.

Дослідження організації оптимального ТО можна класифікувати за двома напрямками: вивчення конкретних об'єктів ТО;

побудова і дослідження відповідних математичних моделей ТО.

Невелика кількість відомих моделей об'єктів ТО є недостатньою для дослідження ТО наявних та перспективних зразків техніки з урахуванням реальних умов функціонування.

Висновки. Для забезпечення процесу функціонування СЗ необхідно враховувати внутрішні та зовнішні фактори впливу, що можуть негативно вплинути на функціональну стійкість системи. Попередженням та зменшенням негативних чинників слугує організація системи ТО ЕКО мережі спеціального призначення. Застосування великої номенклатури сучасного ЕКО без належної системи ТО може бути причиною зриву функціонування СЗ та втрати управління військами.

Подальші дослідження будуть спрямовані на удосконалення методів побудови моделей ТО з урахуванням виконання вимог СЗ до функціонування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Anthony Lawrence Paul, Anthony Odu, Joseph Oluwaseyi. Predictive Maintenance: Leveraging Machine Learning for Equipment Health Monitoring. *Ladoke Akintola University of Technology*. 2024. P. 6. URL: https://www.researchgate.net/publication/377411657_Predictive_Maintenance_Leveraging_Machine_Learning_for_Equipment_Health_Monitoring.

2. EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF ADAPTIVE STRATEGIES FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF MILITARY PRODUCTS IN NATO MEMBER COUNTRIES / P. Openko et al. *Наукові праці Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. 2021. № 8. P. 101–111. URL: <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.8.2021.11>.

3. Напрями вдосконалення системи технічного обслуговування засобів зв'язку та АСУ ЗС України / М. Івченко та ін. *Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації*. 2019. № 1. С. 18–22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpviti_2019_1_4.

4. Желновач О., Ткаченко А. Л., Івченко М. М. Дослідження шляхів розвитку системи технічного обслуговування та ремонту засобів військового зв'язку та АСУ при виконанні завдань логістичного забезпечення силами оборони держави з урахуванням підходів, прийнятих в об'єднаних збройних

силах НАТО. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. 2023. № 2 (42). С. 44–51. URL: <http://znp.nangu.edu.ua/issue/view/17393/10065>.

5. Вплив процесів технічного обслуговування та відновлення на ефективність управління технічним станом військової техніки в провідних країнах світу та Збройних сил України / Ю. Баранов та ін. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки*. 2020. Т. 81, № 3. С. 302–315. URL: <https://doi.org/10.32453/3.v81i3.478>.

6. Козачук В. Л. Методичний підхід до визначення параметрів процесу моніторингу озброєння та військової техніки під час експлуатації. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2017. № 2. С. 37–41. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2017_2_8.

7. Майборода І. М., Глуценко М., Лазарев В. Д. Методика проведення технічного обслуговування цифрових засобів зв'язку. *Національна академія Національної гвардії України. Системи управління, навігації та зв'язку*. 2021. № 2 (64). С. 154.

8. ВСТ 01.112.001 – 2006. Військовий зв'язок та інформаційні системи. Військовий зв'язок. Терміни та визначення. [Чинний від 2006-03-05]. Вид. офіц. С. 14.

9. Артюшин Л., Машков О. Оптимізація цифрових автоматичних систем, стійких до відмов. К.: КВВАІУ. 1991. С. 89.

10. Теорія автоматичного керування / Л. Артюшин та ін. Львів: УАД, 2004. 272 с.

11. Миколайчук Р. Функціональна стійкість складних технічних систем з динамічною структурою. *Моделювання та інформаційні технології*. 2013. № 70. С. 32–33. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2013_70_7.

12. Барабаш О. В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем // К.: НАОУ. 2004. Т. 226. С. 96.

13. Калашник-Рибалко М. А. Методика забезпечення функціональної стійкості пілотажно-навігаційного комплексу літального апарату на окремих режимах польоту. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2018. № 1 (55). С. 4. URL: <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.55.09>.

14. Керівництво з технічного забезпечення зв'язку та автоматизації управління військами Збройних Сил України: затв. наказом Начальника Генерального штабу Збройних Сил України від 11.04.2003 № 22.

15. Про затвердження Тимчасової настанови з організації зв'язку та інформаційних систем: Наказ Генерального штабу Збройних Сил України від 08.08.2018 № 08. С. 8.

16. Про затвердження Матриці надання мінімально необхідних сервісів (базових та функціональних) оперативному складу органів військового управління на пунктах управління Збройних Сил України: Наказ Головнокомандувача Збройних Сил України від 14.12.2020 № 221. Київ. С. 5.

17. Новітні технології та засоби зв'язку у ЗСУ: шлях трансформації та перспективи розвитку / О. Лаврут та ін. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. № 1 (34). URL: <https://www.ukrmilitary.com/2019/04/signal.html>.

18. Сучасні військові засоби радіо та супутникового зв'язку / І. Борисов та ін. Київ: ВІТІ. URL: <https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2023/07/сучасні.pdf>.