

УДК 621.391.372

канд. техн. наук, ст. наук. співр. Масесов М. О. ORCID: 0000-0003-4537-4295 (ВІТІ ім. Героїв Крут)

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

Із початку повномасштабної збройної агресії російської федерації значно зросла актуальність впровадження та використання сучасних інформаційних і комунікаційних технологій у сфері оборони нашої Держави. Завдяки впровадженню сучасних інформаційних (автоматизованих) систем і систем ситуаційної обізнаності, новітнього озброєння іноземного виробництва та масштабного застосування безпілотних систем постійно зростає об'єм інформації, що передається, підвищується рівень вимог до швидкості передачі даних, достовірності передачі інформації та її безпеки. Вищезазначені фактори стимулюють впровадження в комунікаційні системи нових мережесих та інформаційних технологій, що, в свою чергу, призводить до значного ускладнення системи зв'язку ЗС України, планування, побудови, розгортання та управління.

Нинішні підходи до побудови систем та мереж зв'язку військового призначення, що ґрунтуються на традиційних технологіях і орієнтовані в основному на суб'єктивному позадачному підході, не можуть задовольнити сучасні вимоги щодо швидкості та якості процесу побудови системи зв'язку в повному обсязі. Таким чином, однією з актуальних проблем, що виникає при плануванні зв'язку, є вирішення протиріччя між складністю процесів планування та побудови системи зв'язку, вимогами системи управління, що висувуються, і можливостями посадових осіб. Одним із найбільш оптимальних шляхів виходу з існуючого стану є розробка єдиної методології побудови системи зв'язку, що враховує досвід застосування існуючих (раніше побудованих) систем зв'язку та їх гетерогенність, охоплює сукупність моделей системи, її елементів і процесів їх функціонування, моделей процесу планування і побудови, документів по зв'язку, методів, моделей і алгоритмів, що реалізують обробку, передачу, зберігання і відображення інформації на всіх етапах роботи посадових осіб.

У свою чергу, для розв'язання зазначеної проблеми слід отримати наукові результати, які включають концептуальні основи побудови гетерогенної системи зв'язку, а також теоретичні основи, які визначатимуть єдину конструктивну формальну систему, що описує процес побудови системи зв'язку і вимоги до неї. В рамках вирішення наукової проблеми автором статті запропонована концептуальна модель предметної області системи зв'язку, що призначена для узагальненого опису предметної області і формування часткових моделей об'єктів побудови системи зв'язку, що представляється через множини об'єктів предметної області системи зв'язку, їх властивості, характеристики властивостей, процеси функціонування об'єктів, відносини між об'єктами, стани і ситуації функціонування об'єктів. Наведений матеріал статті стане підґрунтям для подальшого розвитку основ теорії побудови системи зв'язку.

Ключові слова: система зв'язку, теоретичні основи, предметна область, концептуальна модель, побудова, планування.

M. Masesov. Conceptual model of the subject area of communication systems

Since the beginning of the full-scale armed aggression of the Russian Federation, the relevance of the introduction and use of modern information and communication technologies in the defense of our State has significantly increased. Due to the introduction of modern information (automated) systems and situational awareness systems, the latest foreign-made weapons and the large-scale use of unmanned systems, the volume of information transmitted is constantly increasing, the level of requirements for data transmission speed, reliability of information transmission and its security is increasing. The above-mentioned factors stimulate the introduction of new network and information technologies into communication systems, which in turn leads to a significant complication of the communication system of the Armed Forces of Ukraine, planning, construction, deployment and management.

Existing approaches to building military communication systems and networks, based on traditional technologies and focused mainly on a subjective task-based approach, cannot fully meet modern requirements for the speed and quality of the communication system construction process. Thus, one of the current problems that arise in communication planning is to resolve the contradiction between the complexity of the communication system planning and construction processes, the requirements of the management system, and the capabilities of officials. One of the most optimal ways out of the current situation is to develop a single methodology for construction a communication system, which takes into account the experience of using existing (previously built) communication systems and their heterogeneity, covers a set of system models, its elements and their functioning processes, models of the planning and construction process, communication documents, methods, models and algorithms that implement the processing, transmission, storage and display of information at all stages of the work of officials.

In turn, to solve the specified problem, it is necessary to obtain scientific results that include the conceptual foundations of construction a heterogeneous communication system, as well as theoretical foundations that will determine a single constructive formal system that describes the process of building a communication system and the

requirements for it. Within the framework of solving the scientific problem, the author of the article proposed a conceptual model of the subject area of the communication system, which is intended for a generalized description of the subject area and the formation of partial models of objects of building a communication system, which is represented through a set of objects of the subject area of the communication system, their properties, characteristics of properties, processes of functioning of objects, relationships between objects, states and situations of functioning of objects. The presented material of the article will become the basis for further development of the foundations of the theory of building a communication system.

Keywords: communication system, theoretical foundations, subject area, conceptual model, construction, planning.

Постановка проблеми

За результатами аналізу бойового досвіду в ході відбиття повномасштабної збройної агресії російської федерації можна зробити висновок про постійну зміну противником характеру, форм і способів ведення операцій (бойових дій), а також наявність і застосування сучасних систем і комплексів радіоелектронної боротьби, які особливо успішно функціонують у тактичній ланці управління. З іншого боку, у ЗС України значно збільшилась кількість і номенклатура наявних засобів зв'язку (особливо радіозв'язку), що включає також складні системи і комплекси зв'язку закордонного виробництва, надані різними країнами-партнерами за останні роки.

Із урахуванням вище зазначеного, у сучасних умовах ведення бойових дій постійно зростають об'єм і складність інформації, необхідної для вирішення задач побудови системи зв'язку та планування зв'язку в цілому. Значно підвищились вимоги до своєчасності планування та обґрунтованості рішень, що приймаються. Існуюча технологія реалізації процесів планування зв'язку та побудови системи зв'язку є "ручною", характеризується високою трудомісткістю, незадовільно обґрунтованістю рішень з організації та забезпечення зв'язку, не завжди враховує можливості нових інформаційних і комунікаційних технологій.

Таким чином, однією з актуальних проблем, що виникає при плануванні зв'язку, є вирішення протиріччя між складністю процесів планування та побудовою системи зв'язку, вимогами системи управління, що висуваються, і можливостями посадових осіб. Складність вирішення проблеми збільшується з розвитком комунікаційних технологій та складністю обладнання, яке використовується Силами оборони України, постійною й активною протидією противника, зміною системи управління ЗС України, яка переходить на корпусну систему, а також змінами керівних документів з організації зв'язку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для побудови системи зв'язку на сьогодні використовуються різноманітні моделі (методики та алгоритми), а також програмне забезпечення для побудови і планування окремих інтервалів (ліній) зв'язку та зон радіопокриття [1–5]. Водночас, продовжується процес оснащення підрозділів зв'язку різноманітним сучасним обладнанням різних виробників, що дозволяє забезпечувати передачу даних у тактичній ланці управління [6]. Впроваджуються інноваційні технологічні рішення як вітчизняного, так і закордонного виробництва [7–10], які значно розширюють функціональні можливості військової техніки і озброєння. Але виконання завдань значно ускладнюють зростаюча гетерогенність системи зв'язку, постійний розвиток комунікаційних технологій, суттєва активна протидія противника засобами радіоелектронної боротьби та радіотехнічної розвідки, а також складність обладнання зв'язку, яке отримується від різних країн-партнерів. З іншого боку, система зв'язку як складова системи управління Збройними Силами України знаходиться в стані постійної трансформації, пов'язаної з переходом до корпусної системи.

Зазначені фактори не повною мірою знаходять своє відображення у керівних документах з організації зв'язку [11; 12]. За результатами проведеного аналізу публікацій з питань теоретичних і практичних основ побудови системи зв'язку зроблено висновок, що загальними недоліками зазначених робіт є використання методів (моделей, алгоритмів)

вузького застосування для вирішення часткових задач, які виникають у процесі побудови системи зв'язку. Відомі онлайн-сервіси для розрахунків окремих складових елементів системи зв'язку часто мають спрощені моделі і не враховують усіх факторів (наприклад, погодні умови, типи антен чи завади).

Недостатній рівень розвитку існуючих наукових теоретичних та практичних методологічних основ побудови системи зв'язку дозволяють зробити висновок про актуальність обраної тематики досліджень.

Одним із найбільш оптимальних шляхів виходу з існуючого стану є розробка єдиної методології побудови системи зв'язку, що враховує досвід застосування існуючих (раніше побудованих) систем зв'язку та їх гетерогенність, охоплює сукупність моделей системи, її елементів і процесів їх функціонування, моделей процесу планування і побудови, документів з організації зв'язку, методів, моделей і алгоритмів, що реалізують обробку, передачу, зберігання і відображення інформації на всіх етапах роботи посадових осіб. У свою чергу, зазначена методологія повинна ґрунтуватися на відповідних концептуальних і теоретичних основах, що формують єдину конструктивну формальну систему та описує процес побудови системи зв'язку і вимоги до неї.

Мета статті

Метою статті є розроблення концептуальної моделі предметної області системи зв'язку, яка призначена для узагальненого опису предметної області та формування часткових моделей об'єктів побудови системи зв'язку, що представляється через множину об'єктів предметної області системи зв'язку, їх властивості, характеристики властивостей, процеси функціонування об'єктів, відносини між об'єктами, стани і ситуації функціонування об'єктів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Як було зазначено, побудова системи зв'язку є невід'ємною складовою планування зв'язку, яке здійснюється відповідно до вимог керівних документів на всіх етапах оперативного планування. В свою чергу, побудова системи зв'язку являє собою складний, багатовимірний процес, що здійснюється посадовими особами, відповідно до ділення системи зв'язку на функціональні підсистеми (елементи системи), що включає множину етапів, на яких виконуються різноманітні дії щодо визначення способів побудови системи зв'язку, бойових задач підрозділам зв'язку та розподілу сил і засобів зв'язку для створення системи зв'язку й забезпечення її розгортання і функціонування як в мирний час, так і під час операцій (бойових дій). Умовний розподіл на елементи системи, етапи прийняття рішення та дії (завдання), які виконуються під час побудови системи зв'язку, наведено на рисунку 1.

Для якісної реалізації та опису процесів побудови системи зв'язку слід використовувати глибинні та онтологічні знання про предметну область системи військового зв'язку, що враховують принципи організації зв'язку, правила організаційно-технічної побудови системи зв'язку та фундаментальні фізичні закони функціонування елементів системи зв'язку. Можливість маніпулювання такими знаннями представляється запропонованою *теорією об'єктів побудови системи зв'язку, яка призначена* для задання та використання моделей об'єктів побудови (у вигляді множини відношень між змінними, що відображають структуру, параметри і функціонування елементів системи зв'язку, факторів, які на них впливають, показники ефективності та ін.).

Основу зазначеної теорії складають сімейство моделей, що описують об'єкти побудови для реалізації процесів побудови системи зв'язку, в тому числі – концептуальна модель предметної області.

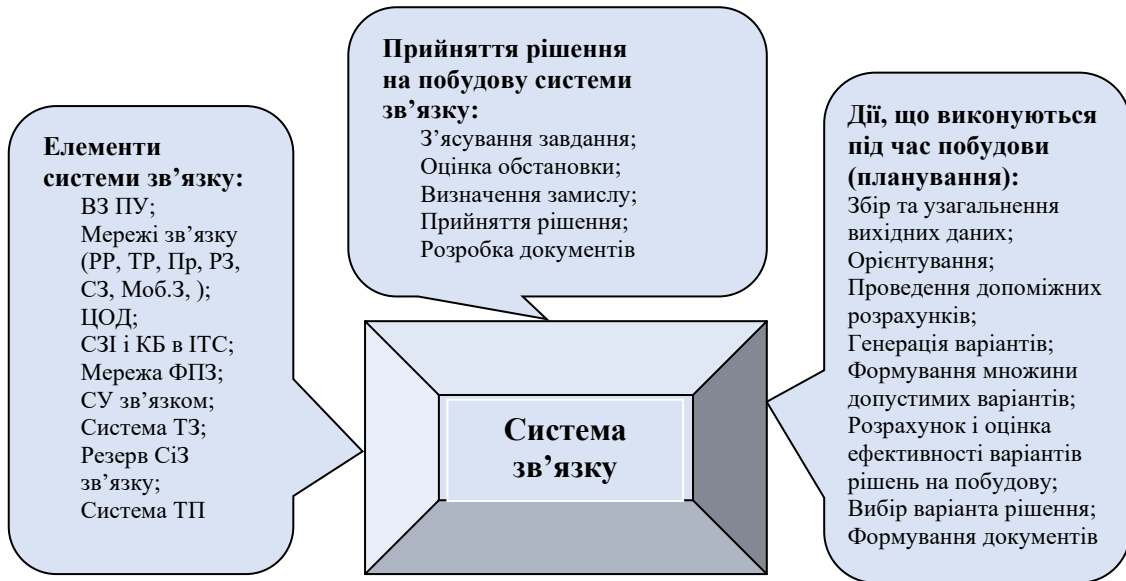


Рис. 1. Побудова системи зв'язку як багатовимірний процес

Нижче викладено основні поняття теорії об'єктів побудови системи зв'язку.

Концептуальна модель предметної області системи зв'язку ($M_{про}$) відображає класифікаційну схему об'єктів, фіксує склад основних понять систем військового зв'язку та стійкі взаємозв'язки між ними, а також визначає побудову часткових моделей об'єктів побудови:

$$M_{про} = \langle O, P, C, F, R, S, U \rangle,$$

де O – множина об'єктів предметної області системи зв'язку;

P – множина властивостей об'єктів;

C – множина характеристик (атрибутів) властивостей;

F – множина процесів функціонування об'єктів;

R – множина відносин між об'єктами;

S і U – множини станів та ситуацій функціонування об'єктів.

Об'єкти являють собою деякі матеріальні або абстрактні сутності предметної області системи зв'язку, яким можуть відповідати як власне об'єкти побудови (система зв'язку, елементи системи зв'язку, в т. ч. засоби та комплекси зв'язку), так і об'єкти, що впливають на них (фізико-географічні умови, сили і засоби противника та ін.): $O = \{o_i\} = \{o_{i1}\} \cup \{o_{i2}\}$, $i = 1, \dots, I$, де I – потужність множини об'єктів; $\{o_{i1}\}$ – множина об'єктів побудови; $\{o_{i2}\}$ – множина об'єктів, що впливають на об'єкти побудови. Формування безлічі об'єктів предметної області системи зв'язку для реалізації процесу побудови має полягати у фіксації всіх понять-об'єктів, якими оперують посадові особи органів управління зв'язком у процесі побудови системи зв'язку. Об'єкти можуть бути простими та складними, що включають прості об'єкти.

Властивість – деяка сторона сутності предметної області: $P = \{p_j\}$, $j = 1, \dots, J$, де J – потужність множини властивостей. Приклади властивостей: бойова готовність системи зв'язку, пропускна спроможність лінії зв'язку та ін.

Характеристика – міра наявності властивості в сутності предметної області: $C = \{c_k\}$, $k = 1, \dots, K$, де K – потужність множини характеристик. Приклади характеристик – вид зв'язку, тип кабелю і т. п.

Під *процесом* слід визначити взаємодію об'єктів предметної області, що полягає у зміні їх характеристик: $F = \langle \{o_i\}, \{c_{oi}\} \rangle$, де $\{o_i\}$, $t \subseteq \{1, \dots, I\}$ – множина об'єктів, що беруть участь у процесі, $\{c_{oi}\}$ – множина їх характеристик. При цьому розглядаються як процеси власне функціонування елементів системи зв'язку (наприклад, передачі інформації по каналу зв'язку, обробки інформації в апаратній тощо), так і процеси керування ними (наприклад, розгортання кабельної лінії, налаштування каналу, налаштування передавача тощо).

Відношення – форма прояву взаємозв'язку об'єктів предметної області: $R = R_S \cup R_A \cup R_F$, де:

$R_S = \{r_{PB}, r_{ЦЧ}, r_{УО}, r_{PC}, r_{ДМ}, r_C\}$ – *відношення структурного опису* (класу “об’єкт – об’єкт” і “процес – процес”); r_{PB} – відношення типу “рід – вид” (для структуризації об’єктів і процесів); $r_{ЦЧ}$ – “ціле – частина” (для опису складних об’єктів або процесів через прості із зазначенням послідовного або паралельного з’єднання частин, що дозволяє розчленувати процес над об’єктом на сукупність процесів над кожною з його частин); $r_{УО}$ – “умова – обмеження” (для опису умовних структур об’єктів та процесів); r_{PC} – “ресурс – споживач” (для опису логічного взаємозв'язку об’єктів і процесів); $r_{ДМ}$ – “джерело впливу – мета впливу” (для опису впливу об’єктів на процес); r_C – “синонімія” (для задання зав’язків між синонімами понять об’єктів і процесів);

$R_A = \{r_{ОВ}, r_{ВХ}, r_{ОХ}, r_{ХЗ}\}$ – *відношення подання атрибутів* (класу “об’єкт – характеристика” або “процес – характеристика”); $r_{ОВ}$ (або $r_{ПВ}$) – відношення типу “об’єкт – властивість” (“процес – властивість”); $r_{ВХ}$ – “властивість – характеристика”; $r_{ОХ}$ (або $r_{ПХ}$) – “об’єкт – характеристика” (“процес – характеристика”); $r_{ХЗ}$ – “характеристика – значення”;

$R_F = \{r_{ВП}, r_{ПВ}, r_{ПЕ}, r_{ПН}, r_{ПС}, r_O, r_{ОВ}, r_{ПР}, r_{ПІ}, r_{ОС}\}$ – *відношення опису функціонування об’єктів* (класу “об’єкт – процес” і “процес – процес”); $r_{ВП}$ – відношення типу “виконувати процес” (для опису процесу функціонування об’єктів); $r_{ПВ}$ – “процес – варіант реалізації” (для задання різних варіантів виконання процесів); $r_{ПЕ}$ – “процес – етапи процесу” (для задання часової послідовності реалізації процесу шляхом перерахування складових його етапів); $r_{ПН}$ – “причина – наслідок” (для задання причини виконання процесів); $r_{ПС}$ – “передуює – слідує” (для задання послідовності виконання процесів); r_O – “одночасно” (для задання одночасності виконання процесів); $r_{ОВ}$ – “процес – об’єкт впливу” (для опису об’єкта побудови, на який впливає процес); $r_{ПР}$ – “процес – ресурс” (для опису використовуваного процесом ресурсу); $r_{ПІ}$ – “процес – інструмент” (для завдання об’єкта, що реалізує процес); $r_{ОС}$ (або $r_{ПСс}$) – “об’єкт – стан” (або “процес – стан”) та ін.

Приклади типів відносин між процесами, що задають відновлення та розгортання об’єктів побудови, наведено на рисунку 2.

Стани об’єктів побудови фіксують значення характеристик властивостей об’єктів $S = \{s_{oi}\}$, де s_{oi} – стан i -го об’єкта, $i = 1, \dots, I$. Зміна станів об’єктів побудови визначається процесами і відбувається внаслідок змін значень характеристик властивостей об’єктів через як внутрішні, так і зовнішні причини. Зміна станів об’єктів побудови призводить до зміни стану об’єктів, що взаємодіють. Внутрішні причини зміни стану об’єктів побудови пов’язані з процесами, що протікають в елементах об’єктів (наприклад, з відмовами або пошкодженнями засобів зв’язку), зовнішніми причинами є вплив зовнішніх факторів.

Стани об’єктів побудови характеризують ситуації, у яких перебувають об’єкти. *Ситуація* – сукупність об’єктів, їх станів і відносин між ними, зафіксована в певний момент часу: $U = \{ \{o_i\}, \{s_{oi}\}, \{r(o_1, \dots, o_m)\} \}$, де $\{o_i\}$, $t \subseteq \{1, \dots, I\}$ – залучений у ситуацію об’єкт; m – кількість задіяних об’єктів; s_{oi} – стан t -го об’єкта; $r(o_1, \dots, o_m)$ – екземпляр відносин на об’єктах $1 \div m$.



Рис. 2. Відношення між процесами на прикладі процесу розгортання ділянки радіорелейної лінії (РРС – радіорелейна станція)

У процесі побудови системи зв'язку повинні використовуватися різні моделі об'єктів побудови, що задають їх на різних рівнях деталізації, в різних аспектах, з використанням різних способів подання. Атрибути об'єктів побудови у різних моделях можуть відображати у ряді випадків аналогічні параметри, хоча їх значення можуть бути несумісними (наприклад, виражатися якісно чи кількісно). Для комплексування різних моделей та їх уявлень пропонується використовувати *поняття метамоделі* як інтегральної базової моделі об'єктів побудови, за допомогою якої можна уникнути проблеми комбінаторного зростання складності реалізації відображень і підтримання узгодженості між різними моделями. Коли одна модель модифікується внаслідок, наприклад, результатів аналізу варіантів рішень, механізмами метамоделі здійснюється перевірка виконання заданих вимог та обмежень і поширення змін на інші моделі відповідно до знань про відносини між поняттями предметної області. Для визначення відносин між різними моделями необхідні знання, що належать до рівня базової теорії предметної області системи зв'язку. Це онтологічні знання про середовище моделювання, способи створення моделей на основі використання понять, визначених у базовій теорії.

На основі запропонованої концептуальної моделі $M_{про}$ слід визначити *послідовність формування часткових моделей* об'єктів побудови. Ступінь деталізації моделей об'єктів планування визначається сутністю завдань планування та побудови зв'язку, які вирішуються з використанням даних моделей. Після формування безлічі об'єктів O , їх властивостей P і характеристик C на зазначених множинах задаються відносини R_S структурного опису і R_A подання атрибутів. Далі знаходяться обмеження на значення C та виявляються відповідні стани S об'єктів побудови. Потім за допомогою визначення взаємодіючих об'єктів, а для кожного об'єкта його початкового та кінцевого стану, визначаються процеси F

функціонування об'єктів побудови. На отриманій множині об'єктів і процесів задаються відносини R_F опису функціонування об'єктів. Наступним кроком є декомпозиція процесів – вся множина процесів за рахунок визначення відносин R_S структурного опису представляється у вигляді дерева, що відповідає дереву об'єктів. Оскільки властивості об'єктів побудови можна розглядати як прояв взаємодії їх елементів, то будь-який процес можна уявити через процеси, у яких беруть участь прості об'єкти. Моделі складних об'єктів будуються як з урахуванням комплексування моделей простих об'єктів, так і на основі незалежних абстрагованих від нижніх рівнів моделей. Нарешті за допомогою відстеження ланцюжків взаємодіючих процесів додатково визначаються відносини R_F опису функціонування об'єктів – пари залежних процесів, виявлених під час аналізу, що утворюють допоміжні підмножини, у яких встановлюються співвідношення “причина – наслідок” та ін.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Розроблена концептуальна модель предметної області системи зв'язку призначена для узагальненого опису предметної області і формування часткових моделей об'єктів побудови системи зв'язку, що представляється через множину об'єктів предметної області системи зв'язку, їх властивості, характеристики властивостей, процеси функціонування об'єктів, відносини між об'єктами, стани і ситуації функціонування об'єктів.

Представлені в роботі результати будуть корисними для фахівців з питань обґрунтування технологічних рішень при побудові мереж (систем) зв'язку спеціального призначення. Крім того, матеріал буде корисним науковцям та здобувачам, які здійснюють наукові дослідження в галузі зв'язку та електронних комунікацій.

Напрямами подальших досліджень є:

розвиток методології побудови системи зв'язку тактичної (оперативної, стратегічної) ланки управління;

розширення і деталізація основ теорії побудови системи зв'язку, в тому числі удосконалення розроблених моделей елементів системи зв'язку, процесів побудови системи зв'язку, прийняття рішень при побудові системи зв'язку;

розроблення (удосконалення) методологічного апарату оцінки ефективності функціонування системи зв'язку;

практична реалізація наукових досліджень для побудови інтелектуальних (інтегрованих, інтерактивних) систем військового призначення, в т. ч. програмного і математичного забезпечення існуючих та перспективних інформаційних (автоматизованих) систем управління військами і зв'язком.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коваленко І. Г., Масесов М. О., Драглюк О. В., Ткаченко А. Л. Методика побудови радіорелейних ліній на основі використання геопросторової інформації. *Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки*. 2023. Вип. 3. С. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.58254/viti.3.2023.04.31>. ISSN 2786-6610.
2. Бондаренко Л. О., Масесов М. О., Коваленко І. Г., Руденко В. І., Шугалій О. О. Узагальнена методика оцінки застосування супутникових ретрансляторів зв'язку за цільовим призначенням. *Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки*. 2024. Вип. 5. С. 52–63. DOI: [10.58254/viti.5.2024.04.52](https://doi.org/10.58254/viti.5.2024.04.52). ISSN 2786-6610.
3. A free tool for amateur Radio. URL: http://www.ve2dbe.com/rmonline_s.asp.
4. EverythingRF Link Budget Calculator. URL: <https://www.everythingrf.com/rf-calculators/link-budget-calculator>.
5. Онлайн-інструмент для аналізу зон видимості та базового радіопокриття на основі даних SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). URL: <http://www.heywhatsthat.com/>.

6. Остапчук В. М., Масесов М. О., Зінченко М. О., Думітраш В. О. Перспективи розвитку системи та засобів зв'язку спеціального призначення з урахуванням впровадження мереж LTE. *Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки*. 2024. № 6. С. 153–160. DOI: <https://doi.org/10.58254/viti.6.2024.12.153>. ISSN 2786-6610.
7. Лаврут О. О., Лаврут Т. В., Климович О. К., Здоренко Ю. М. Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. № 1 (34). С. 91–101. URL: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>.
8. Масесов М. О. Перспективи побудови гетерогенної системи зв'язку тактичної ланки управління. *Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки: актуальні питання і тенденції розвитку*: зб. матеріалів IV Міжнар. науково-техн. конф. (Київ, 28 листоп. 2024 р.) Київ, 2024. С. 96.
9. Лазута Р. Р. та ін. Військова навчально-методична публікація щодо застосування технології LTE (4G) системи зв'язку у військових частинах Збройних Сил України. *Матеріали вивчення бойового досвіду застосування Збройних Сил України*. Київ: НЦЗІ ВІТІ. 20 с.
10. Радзівілов Г. Д., Масесов М. О., Дегтяр О. А. Світові тенденції зі створення та розвитку військової техніки. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2024. Вип. 56. С. 381–385. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-56-45>.
11. ДДП 6-26.22. Настанова “Зі зв'язку Збройних Сил України”. Київ: Головне управління зв'язку та кібербезпеки Генерального штабу (J6) Збройних Сил України, 2025. 256 с. (Для службового користування).
12. Шолудько В. Г., Єсаулов М. Ю., Вакуленко О. В. та ін. Організація військового зв'язку: навч. пос. Київ: Вид. дім “Скіф”, 2023. 280 с. ISBN 978-966-570-839-8.