

*Андрій Олександрович Зінченко (доктор технічних наук, професор)*

*Микола Олександрович Масесов (кандидат технічних наук, с.н.с.)*

*Іван Олегович Пантась*

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна*

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

*Розвиток телекомунікаційних технологій, в тому числі й радіорелейних та тропосферних, актуалізує проблему підвищення стійкості мереж у зв'язку з постійним підвищенням вимог до якості їх функціонування. Особливої уваги на теперішній час, враховуючи досвід ООС, потребує необхідність вдосконалення методів упередження та нейтралізації негативних впливів на телекомунікаційні мережі, які в наш час постійно вдосконалюються та відбуваються в формах, яких раніше не існувало. Збільшується кількість випадків негативних впливів на телекомунікаційні мережі, які наносять шкоду не тільки фізичній структурі мережі, а й логічній, що, в свою чергу, вимагає розглядати питання оцінки підвищення живучості не тільки в аспекті структурної живучості, а й в аспекті продуктивності програмного управління різномірним трафіком. Додатково необхідно приділити увагу безпеці функціонування з'єднань та передачі інформації по ним.*

*Метою даної статті є аналіз найбільш актуальних методів та методик забезпечення та підвищення необхідного рівня живучості та звуження кола наукових досліджень для подальшої оптимізації або пошуку більш вдалої комбінації методів чи створення вдосконаленої методики для підвищення ефективності у вирішенні проблем пов'язаних з забезпеченням необхідного рівня живучості телекомунікаційних мереж та систем.*

*При дослідженнях живучості можливо використовувати ряд різних теоретичних підходів і, таким чином, застосування різних методів аналізу: теоретико-ігрових, імовірнісних, детермінованих, графо-аналітичних. Імовірнісний і детермінований підходи є найбільш розробленими для технічних цілей, а тому є перспективними для вдосконалення та оптимізації.*

***Ключові слова:** аналіз методів підвищення живучості, живучість системи зв'язку, радіорелейний та тропосферний зв'язок.*

### Вступ

Постійний розвиток телекомунікаційного обладнання забезпечує збільшення кількості сервісів, які можливо реалізувати за допомогою сучасних телекомунікаційних систем та мереж. У зв'язку з цим підвищуються вимоги до якості телекомунікаційних послуг. Забезпечення належної якості телекомунікаційних послуг є динамічною задачею, складність якої пропорційна завданням та вимогам до телекомунікаційної системи й, відповідно, обладнанню на базі якого побудована система. Розвиток телекомунікаційної системи (ТКС) супроводжується постійною проблемою, яка полягає в інтеграції нового обладнання в систему, яка існує, та узгодження його для повноцінного використання та забезпечення запланованих переваг від провадження даних змін. Особливе значення для критично важливих телекомунікаційних систем та їх елементів має поняття живучості системи зв'язку: згідно ДСТУ В 3265-95 [1] п. 8.7 живучість – здатність системи військового зв'язку забезпечувати управління військами (силами) в умовах дії зброї противника; згідно військового стандарту ВСТ 01.112.001-2006 [2], є складовою стійкості, яка відноситься до основних показників

якості телекомунікаційних систем.

Взаємозв'язок та залежність різних характеристик (властивостей) системи військового зв'язку, в тому числі живучості, наведено на рисунках 1 та 2.

Як видно, в різних чинних керівних документах поняття та визначення даної характеристики та її приналежність до групи характеристик дещо відрізняється. В деяких працях дана розбіжність в підходах надає можливість розглядати поняття живучості мереж та систем зв'язку більш широко, й визначити проблематику області досліджень більш точно.

В пострадянських країнах підхід до характеристик системи зв'язку аналогічний підходу в Україні.

Поняття живучості, як однієї з характеристик системи зв'язку НАТО, як такої немає. В ряді країн, які входять до даного військового блоку існують визначені вимоги до системи зв'язку – в загальному вигляді система зв'язку повинна мати зв'язку топологію, яка залежить від актуальної оперативної обстановки, характеру місцевості, завдань всіх підрозділів бойового порядку, умов виконання завдань підрозділами не повинні викликати істотних змін в організації зв'язку.

Для розуміння планування та організації зв'язку у країнах – учасниках НАТО слід зазначити, що основними особливостями процесу управління військами, бойовими системами і озброєнням є:

- значна інформаційна потреба органів управління;
- підвищена мобільність підрозділів і частин;
- висока динаміка переміщень угруповань військ у цілому;
- розосереджене розгортання військ на територіях, розділених силами супротивника;
- інтеграція систем зв'язку, навігації, розвідки й автоматизації й ін.;
- єдиний інформаційний простір для всіх його учасників;
- орієнтація на безпосередніх учасників бойових дій (автоматизація рівнів батальйон – рота – взвод – окремих солдат);
- децентралізація процесів управління ресурсами мережі [3].

**Постановка проблеми.** В той же час, аналіз бойового застосування сучасного телекомунікаційного обладнання в ході бойових дій на сході України виявив низку проблем. Однією з критичних проблем виявилась неготовність системи забезпечити виконання покладених на неї завдань в умовах ведення

бойових дій та застосування радіоелектронного подавлення та боротьби противником. Після початкового етапу оперативної заміни обладнання старого парку на обладнання, адекватне вимогам часу та ситуації, гостро постала проблема узгодження роботи даного обладнання, а також неготовність особового складу до його застосування. Під час проведення аналізу даного процесу увагу привертає проблема зниження рівня живучості телекомунікаційних систем та мереж через неврахування деяких факторів, як приклад – вирішення проблеми відновлення працездатності та обслуговування телекомунікаційного обладнання, виконання якої дасть змогу оперативного реагування на позаштатні ситуації та відновлення працездатності ланок ТКС, які того потребують; своєчасного узгодження програмного забезпечення телекомунікаційного обладнання для коректної роботи засобів зв'язку.

Виходячи з наведених прикладів, методи та методики за допомогою яких розраховувалась живучість в ТКС необхідно переглянути, та замінити на нові або удосконалити ті, які існують з врахуванням отриманого досвіду активної інтеграції різноманітного обладнання в наявну ТКС та досвіду забезпечення необхідного рівня якості зв'язку в умовах ведення бойових дій.



Рис.1 Показники якості системи військового зв'язку (згідно ДСТУ В 3265-95)

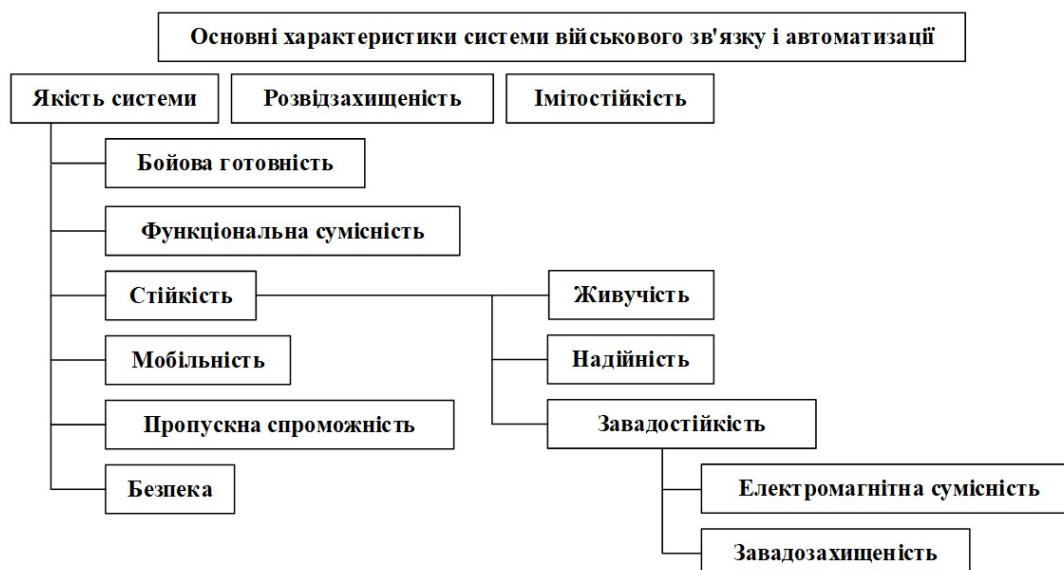


Рис.2 Основні характеристики системи військового зв'язку і автоматизації (згідно військового стандарту ВСТ 01.112.001-2006)

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз науково-технічної літератури, інформації у відкритих джерелах та інтернеті показує, що проблематику даного питання досліджують як українські, так і іноземні вчені, а саме: А. П. Пятибратов, А.М. Юрков, Л. А. Крукиер, Н. С. Рузанова, О. Ю. Насадкіна, В. И. Комашинський, Б. М. Стрихалюк, М. М. Климаш, М. В. Кайдан, А. Д. Іванніков, Н. О. Князева, Е. Auer, D. Helmstädt, С. Hoogendoorn, G. Ohlendorf, S. V. Ahamed., V. V. Lawrence, Y. Shpungin, R. Vaisman.

**Метою статті** є провести аналіз методів оцінювання живучості телекомунікаційних мереж з метою подальшої їхньої оптимізації та створення вдосконаленої методики для підвищення ефективності у вирішенні проблем пов'язаних з забезпеченням необхідного рівня живучості телекомунікаційних мереж.

**Виклад основного матеріалу дослідження**

Г.В. Попков, В.К. Попков, В.В. Величко, А.Г. Додонов, Д.В. Ланде в своїх роботах розглянули досконально питання аналізу живучості мереж зв'язку в умовах деструктивних інформаційних впливів. В їх роботах наведена класифікація інформаційних атак в інформаційних мережах та методи їх виявлення. Широко розглянуті питання, які пов'язані з живучістю та надійністю мобільних систем зв'язку та запропоновані моделі структурної надійності в мобільних мережах передачі даних. [4,5]

В роботі І.В. Грищенко «Метод підвищення живучості інфокомунікаційної мережі» автор досяг значних результатів в удосконаленні трьох методів підвищення структурної живучості та вперше розробив кількісну оцінку живучості ТКМ, значенню якої (рівному «1») відповідає зважена за пріоритетами вимог сума пропускових спроможностей маршрутів обслуговування вимог в умовах нормального (без несприятливих впливів (НВ)) функціонування телекомунікаційної мережі (ТКМ), зміна значення якої в умовах НВ надає можливість визначити міру працездатності ТКМ. Завдяки чому отримали подальший розвиток методи реалізації системи прийняття рішень в управлінні структурною живучістю ТКМ, використання яких надає можливість керувати процесом прийняття рішень з метою безвідмовного функціонування ТКМ в умовах НВ. Також розроблено програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень в управлінні структурною живучістю, що реалізує удосконалені методи підвищення структурної живучості [6].

Н.А. Князева, І.В. Грищенко, С.В. Шестопапов в роботі «Метод забезпечення живучості телекомунікаційної системи на основі перерозподілу ресурсів мережі» представили метод забезпечення живучості телекомунікаційної мережі на основі перерозподілу ресурсів мережі для обслуговування потоків вимог при виникненні несприятливих впливів що дозволяє:

виконати оцінку працездатності мережі на

основі запропонованого показника;

виявити «вузькі місця» мережі для можливості їх резервування;

виробити відповідні рекомендації для забезпечення працездатності мережі [7].

Суть методу полягає в послідовному виконанні десяти етапів розрахунків, починаючи з введення станів, отримання кількісних оцінок та закінчується отриманням оцінки працездатності та визначенням відповідності станів телекомунікаційної мережі гранично допустимому значенню показника працездатності. Запропонований метод може бути використаний на етапі проектування ТКС для оцінки працездатності мережі при зміні її топології.

Науковці Військового інституту телекомунікацій та інформатизації (Бондаренко Л.О., Масесов М.О., Садиков О.І.) запропонували методику оцінки стійкості системи військового зв'язку [8]. Оцінка стійкості системи в даній методиці базується в тому числі на оцінці живучості з врахуванням факторів НВ, які з'явилися в наш час. При цьому було введено ряд обмежень, які були застосовані під час досліджень, для забезпечення можливості використання методики в обмежених часових умовах роботи органів військового управління зв'язком. Але, як показав аналіз оцінки стану системи зв'язку під час ведення бойових дій, факторів, які враховуються, недостатньо для повноцінної оцінки якості стану системи. Частина даних обмежень була актуальна на моменти дослідження авторами ситуації, й як показав досвід ООС, обмежені під час розрахунку живучості мережі має бути якомога більше факторів та ситуацій, які можливі в системі, постійно оновлювати переліки несприятливих впливів та слідкувати за їх актуальністю.

В.В. Вороніков, О.С. Бойченко, Є.О. Гриневич удосконалили методику підвищення живучості інформаційно-комунікаційної мережі, яка відрізняється методом енергоефективної кластеризації та методом багатопляхової маршрутизації, що дає змогу підвищити ймовірність відмови обслуговування користувачів. Підвищення живучості інформаційно-комунікаційної мережі за критерієм живучості – ймовірність відмови обслуговування користувачів, досягається за рахунок спільного використання механізмів реорганізації та реконфігурації. З метою реорганізації інформаційно-комунікаційної мережі розроблено метод енергоефективної кластеризації вузлів мережі, який дозволяє зменшити витрати енергії на передачу інформації. Для реалізації процесу реконфігурації удосконалено метод багатопляхової маршрутизації, застосування якого дозволяє підвищити час життя інформаційно-комунікаційної мережі [9].

Враховуючи реалії сьогодення в контексті збройної агресії Російської Федерації, окупації частини території країни та відповідно проведення

ООС, особливої уваги потребує аналіз досліджень які проводяться російськими вченими та дослідниками.

Н.Г. Буроменський в роботі «Живучість системи військового зв'язку: проблеми та шляхи рішення» показав, що ефективність військами та озброєнням напряму пов'язана з системою військового зв'язку виконувати свої функції в умовах впливів звичайного, ядерного та спеціального видів зброї. Приведений аналіз наявних в наш час засобів ураження, які здатні найбільш ефективно вражати радіоелектронні засоби, як найважливіші елементи системи. Сформульовані особливості системи військового зв'язку, як об'єкта озброєння, проблемні питання забезпечення необхідного рівня живучості та шляхи їх вирішення [10].

А. А. Зацарінний, Н. Г. Буроменський, А. И. Гаранін в дослідженні «Метод формування системи показників живучості інформаційно-телекомунікаційних мереж» запропонували методичні підходи до формування системи показників живучості ІТС, які основані на аналізі умов їх застосування, оцінці факторів, які впливають на живучість системи, й визначенні властивостей, які повинна мати система для виконання необхідних функцій [11].

Особливістю даної роботи є те, що поняття живучості системи зв'язку розглядається в моменті збройного протистояння двох угруповань з відповідними цілями з кожного боку.

В своєму інтерв'ю 27.04.2021 єдиному національному інформаційному агентству України УКРІНФОРМ, командувач Військ зв'язку та кібербезпеки ЗСУ Євген Степаненко, звернув увагу на реформування і створення нових структурних підрозділів військ зв'язку, яке відбувається згідно натівських принципів. Відмінністю від структури військ зв'язку НАТО є те, що у складі командування Військ зв'язку та кібербезпеки є таке поняття, як «військовий провайдер» – постійно діюча система зв'язку (стаціонарна компонента), яка функціонує постійно в Збройних Силах України у стаціонарному вигляді: це стаціонарні вузли зв'язку, волокно-оптичні, радіорелейні та тропосферні лінії зв'язку, лінії прямого зв'язку, лінії прив'язки тощо, мережі й напрямки радіозв'язку. Це якраз та постійно діюча система зв'язку, яку треба утримувати та розвивати. Також він наголосив про те що розвиток та підтримка даної компоненти є однією з ключових задач Військ зв'язку та кібербезпеки.[12]

За останні роки, у зв'язку з проведенням комплексу заходів по відновленню територіальної цілісності держави, Збройні Сили України зазнали колосальної модернізації в усіх напрямках, а система зв'язку Збройних Сил України (ЗСУ) також кардинально змінилась. Розроблено, отримано від стратегічних партнерів та прийнято на озброєння (постачання) ряд новітніх засобів зв'язку, які відповідають вимогам часу, змінились деякі підходи до організації та забезпечення

безпеки зв'язку в сучасній армії. Це в свою чергу створює ряд нових завдань забезпеченню необхідного рівня зв'язності та живучості ТКМ з врахуванням варіантів інтеграції сучасного обладнання з тим, яке вже існує.

Деякі зразки засобів зв'язку, які використовують ЗСУ в даний час, не було можливості перевірити в умовах наближених до бойових, робилась ставка на його технологічність та надійність складових. На відміну, Російська Федерація тестує свої розробки та новітні зразки озброєння та військової техніки в реальних збройних конфліктах в різних куточках світу й Україна не виняток. Дана ситуація висвітлила нову проблему – відсутність можливості оперативного усунення бойових пошкоджень – а це один з складників живучості, який необхідно активно досліджувати для ефективної оптимізації системи прийняття рішень щодо забезпечення необхідного рівня живучості ТКМ ЗСУ в цілому.

Проаналізована література та дослідження, які проводяться в даній області, висвітлюють таку недосліджену проблематику:

- рішення задачі комплексної оцінки живучості системи військового зв'язку з врахуванням більшої множини факторів в різних умовах бойових дій;
- необхідність розширення вимог до живучості в тактико-технічних (технічних) завданнях на розробку засобів зв'язку;
- необхідність розробки методики підвищення живучості ТКМ з врахуванням того, що це динамічна система, яка постійно розвивається та змінюється.

Особливу увагу необхідно звернути на дослідження ситуації в сегменті радіорелейного та тропосферного зв'язку. Ця необхідність впливає з універсальності та мобільності даного виду обладнання, за допомогою якого є можливість оперативно будувати багатоканальні лінії зв'язку відносно великої дальності, які можуть забезпечити мультисервісність мережі та необхідний рівень стійкості мережі, однією з складових якої і є живучість. Особливу увагу цей рід зв'язку привертає тому що під час АТО та ООС він зарекомендував себе як один з найбільш оперативних та ефективних родів зв'язку, який забезпечує виконання поставлених завдань підрозділами.

Перспективним для поглибленого дослідження та вдосконалення є система прийняття рішень в управлінні структурною живучістю ТКМ. Досягти більшої ефективності даної системи можливо за рахунок включення в базові складові методів для обчислень живучості додаткових параметрів, які враховують специфіку застосування ТКМ у сфері існування військового зв'язку.

### **Висновки і перспективи подальших досліджень**

Подальша оптимізація методів та створення вдосконаленої методики для підвищення ефективності у вирішенні проблем пов'язаних з

забезпеченням необхідного рівня живучості телекомунікаційних мереж та систем є перспективним напрямком наукових досліджень. Вирішення поставленої проблематики однозначно підвищить ефективність оцінки живучості що, в свою чергу, підвищить якість обслуговування в ТКС в цілому. Для системи військового зв'язку

поняття живучості є одним з ключових, тому що від забезпечення високих показників даної характеристики пропорційно залежить можливість військових підрозділів виконувати завдання за призначенням на високому професійному рівні при якійній роботі системи управління.

### Література

1. ДСТУ В3265-95 "Зв'язок військовий. Терміни та визначення".
2. ВСТ 01.112.001-2006. "Військовий зв'язок. Терміни та визначення".
3. Думітраш В., Бондаренко О., Думітраш О., Гетьман А. Аналіз напрямків розвитку систем радіозв'язку НАТО URL: <https://www.ukrmilitary.com/2020/08/signal.html>.
4. Величко В. В., Попков Г. В., Попков В. К. Модели и методы повышения живучести современных систем связи — М.: Горячая линия-Телеком, 2017. — 270 с.
5. Додонов А.Г. Живучесть информационных систем / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ. — К.: Наук. думка, 2011. — 256 с.
6. Грищенко И. В. Метод повышения живучести инфокоммуникационной сети / И. В. Грищенко // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, ННІХКтаЕ, 2013. - №6. (146). — С. 66–70.
7. Князева Н. О. Метод обеспечения живучести телекоммуникационной сети на основе перераспределения ресурсов сети [Текст] / Н. О. Князева, И. В. Грищенко, С. В. Шестопапов // Холодильная техника и технология. Одеса, ННІХКтаЕ, 2014. - №4. (150). — С. 65–71.
8. Масесов М.О., Бондаренко Л.О., Садиков О.І., Макачук В.І. Методика оцінки стійкості системи військового зв'язку. Збірник наукових праць ВІПІ. — 2016. — 5 С. 94-102.
9. Вороти́ков В.В., Бойченко О.С., Гриневич Є.О. Методика підвищення живучості інформаційно-комунікаційної мережі. Системи обробки інформації. — 2017. — № 5(151). С. 69-75.
10. Буроменский Н.Г. Живучесть системы военной связи: проблемы и пути решения. Вооружение и экономика. -2014 № 4 (29) С. 54-59.
11. Зацаринный А. А., Буроменский Н. Г., Гаранин А. И. Системы и средства информ., 23:2 (2013), 154–169.
12. Степаненко Є.О. Інтерв'ю інформажентству Укрінформ 27.04.2021 URL: <https://armyinform.com.ua/2021/04/systemy-zvyazku-yakimy-zakupovuyemo-suttyevo-krashhi-anizh-ti-yaki-rosiyanuyroblayut-u-sebe/>.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

*Андрей Александрович Зинченко (доктор технических наук, профессор)*

*Николай Александрович Масесов (кандидат технических наук, с.н.с.)*

*Иван Олегович Пантась*

*Военный институт телекоммуникаций и информатизации имени Героев Крут, Киев, Украина*

*Развитие телекоммуникационных технологий, в том числе радиорелейных и тропосферных, актуализирует проблему повышения устойчивости сетей в связи с постоянным повышением требований к качеству их функционирования. Особого внимания в наше время, учитывая опыт ООС, требует необходимость совершенствования методов предупреждения и нейтрализации негативных воздействий на телекоммуникационные сети, которые в наше время постоянно совершенствуются и происходят в формах, которых ранее не существовало. Увеличивается количество случаев негативных воздействий на телекоммуникационные сети, которые наносят вред не только физической структуре сети, но и логической, что, в свою очередь, требует рассматривать вопрос оценки живучести не только в аспекте структурной живучести, но и в аспекте производительности программного управления разнородным трафиком. Дополнительно необходимо уделить внимание безопасности функционирования соединений и передачи информации по ним.*

*Целью данной статьи является анализ наиболее актуальных методов и методик обеспечения и повышения необходимого уровня живучести и сужение круга научных исследований для дальнейшей оптимизации или поиска более удачной комбинации методов или создания усовершенствованной методики для повышения эффективности в решении проблем, связанных с обеспечением необходимого уровня живучести телекоммуникационных сетей и систем.*

*При исследованиях живучести можно использовать ряд различных теоретических подходов и, таким образом, применение различных методов анализа: теоретико-игровых, вероятностных, детерминированных, графо-аналитических. Вероятностный и детерминированный подходы являются наиболее разработанными для технических целей, а потому являются перспективными для совершенствования и оптимизации.*

*Ключевые слова:* анализ методов повышения живучести, живучесть системы связи, радиорелейная и тропосферная связь.

## ANALYSIS OF METHODS OF INCREASING VISIBILITY TELECOMMUNICATIONS NETWORKS

*Andrii Zinchenko (Doctor of technical sciences, professor)*

*Mykola Masesov (Candidate of Technical Science, Senior Research Scientist)*

*Ivan Pantas*

The development of telecommunication technologies, including radio relay and tropospheric technologies, raises the problem of increasing the stability of networks in connection with the constant increase in requirements for the quality of their operation. Particular attention in our time, given the experience of environmental protection, is growing need to improve methods of prevention and neutralization of negative impacts on telecommunications networks, which in our time are constantly improving and occur in forms that previously did not exist. The number of cases of negative effects on telecommunications networks that harm not only the physical structure of the network, but also logical, which, in turn, requires consideration of assessing the increase in survivability not only in terms of structural survivability, but also in terms of software performance of heterogeneous traffic management. Additionally, you need to pay attention to the security of connections and the transmission of information on them.

The purpose of this article is to analyze the most relevant methods and techniques to ensure and increase the required level of survivability and narrow the scope of research to further optimize or find a better combination of methods or create improved methods to improve efficiency in solving problems related to ensuring the required level of telecommunications networks. and systems.

In the study of survivability, it is possible to use a number of different theoretical approaches and, thus, the use of different methods of analysis: game-theoretic, probabilistic, deterministic, graph-analytical. Probabilistic and deterministic approaches are the most developed for technical purposes, and therefore are promising for improvement and optimization.

**Keywords:** analysis of methods to increase survivability, survivability of the communication system, radio relay and tropospheric communication.

### References

1. DSTU V3265–95 “Zviazok viiskovoyi. Terminy ta vyznachennia”. 2. VST 01.112.001-2006. “Viiskovyi zviazok. Terminy ta vyznachennia”. 3. Dumitrash V., Bondarenko O., Dumitrash O., Hetman A. Analiz napriamkiv rozvytku system radiozviazku NATO URL: <https://www.ukrmilitary.com/2020/08/signal.html>.
4. Velichko V. V., Popkov G. V., Popkov V. K.. Modeli i metodyi povyisheniya zhivuchesti sovremennyih sistem svyazi — M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2017. — 270 s.
5. Dodonov A.G. Zhivuchest informatsionnyh sistem / A.G. Dodonov, D.V. Lande. — K.: Nauk. dumka, 2011. — 256 s.
6. Grischenko I. V. Metod povyisheniya zhivuchesti infokommunikatsionnoy seti / I. V. Grischenko // Holodilna tehnika i tehnologiya. - Odesa, NNIHKtaE, 2013. - № 6. (146). — S. 66–70.
7. Knyazeva N. O. Metod obespecheniya zhivuchesti telekommunikatsionnoy seti na osnove pereraspredeleniya resursov seti [Tekst] / N. O. Knyazeva, I. V. Grischenko, S. V. Shestopalov // Holodilnaya tehnika i tehnologiya. Odesa, NNIHKtaE, 2014. - №4. (150). 65–71.
8. Masesov M.O., Bondarenko L.O., Sadykov O.I., Makarchuk V.I. Metodyka otsinky stiičnosti systemy viiskovoho zviazku. Zbirnyk naukovykh prats VITI. – 2016. – 5 S. 94-102.
9. Vorotnikov V.V., Boichenko O.S., Hrynievych Ye.O. Metodyka pidvyshchennia zhyvuchosti informatsiino-komunikatsiinoi merezhi. Systemy obrobky informatsii. – 2017. – № 5(151). S. 69-75.
10. Buromenskiy N.G. Zhivuchest sistemyi voennoy svyazi: problemy i puti resheniya. Vooruzhenie i ekonomika. -2014 № 4 (29). 54-59.
11. Zatsarinnyiy A. A., Buromenskiy N. G., Garanin A. I. Sistemyi i sredstva inform., 23:2 (2013), 154–169.
12. Stepanenko Ye.O. Interviu informahenstvu Ukrinform 27.04.2021 URL: <https://armyinform.com.ua/2021/04/systemy-zvyazku-yaki-my-zakupovuyemo-suttyevo-krashhi-anizh-ti-yaki-rosiyany-vyrobyayut-u-sebe/>.