

DOI 10.33099/2786-7714-2023-2-5-34-38  
УДК 623.486

**Якобінчук Олександр Вікторович** (кандидат військових наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0002-8186-6978>

**Ясинецький Василь Павлович** (кандидат військових наук, доцент)

<https://orcid.org/0009-0005-6274-0738>

**Хажанець Юрій Анатолійович** (доктор філософії)

<https://orcid.org/0000-0002-8926-2474>

**Бахман Андрій Вікторович**

<https://orcid.org/0000-0001-6452-1444>

*Національний університет оборони України, Київ, Україна*

## **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЖИВУЧОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ В УМОВАХ ВОГНЕВОГО ВПЛИВУ ПРОТИВНИКА**

*У війнах сучасності, в тому числі і у російсько-українській війні противник в першу чергу намагається порушити систему управління в основі якої лежить система зв'язку. Одним із основних факторів впливу на систему зв'язку в російсько-українській війні є вогневий вплив, який умовно можливо поділити на ударний та уламковий вплив. Основним показником приймається імовірність ураження (не ураження) інформаційно-телекомунікаційного вузла в різних умовах. Ступінь уламкового впливу засобів ураження на комплексні апаратні зв'язку залежить від швидкості удару та товщини матеріалів комплексної апаратної зв'язку. Запропонований методичний підхід дає змогу здійснити оцінювання впливу вогневих засобів на елементи інформаційно-телекомунікаційного вузла та дозволяє розрахувати імовірність ураження елемента інформаційно-телекомунікаційного вузла у визначеній точці, стійкість елементів вузла до впливу надлишкового тиску і врахувати уламковий вплив вогневих засобів на елементи інформаційно-телекомунікаційного вузла.*

**Ключові слова:** живучість, інформаційно-телекомунікаційний вузол, ураження.

### **Вступ**

Аналіз досвіду локальних війн та воєнних конфліктів останніх десятиліть свідчить про зростання ролі повітряної операції, або ракетних та авіаційних ударів, особливо на початковому етапі конфлікту. Російсько-українська війна розпочалась саме з масованих ракетних та авіаційних ударів. В перші дні війни противник наніс низку ударів по пунктам управління, по місцях зосередження особового складу, озброєння та військової техніки. Основними засобами ураження під час авіаційних ударів були керовані ракети класу “повітря-поверхня” Х-55, Х-59А, Х-59М, Х-101, Х-555, Х-22, Х-47М2, Х-31П, керовані авіаційні бомби КАБ-500, КАБ-1000 КАБ-1500. Також важливими засобами ураження, які необхідно враховувати під час аналізу вогневого впливу на систему зв'язку є наземні ракетні комплекси сухопутних військ та крилаті ракети морського базування. До перших відносяться оперативно-тактичний ракетний комплекс “Іскандер” (Іскандер-М, Іскандер-К) та тактичний ракетний комплекс “Точка” (“Точка-У”).

Особливу увагу особливо під час російсько-української війни необхідно приділити і безпілотним літальним апаратам (БпЛА) у попередніх конфліктах безпілотні літальні апарати зазвичай використовувалися однією стороною лише для виявлення та ураження цілей противника [8].

Наприклад, дрони застосовувалися в операціях США в Афганістані і на Близькому Сході [8].

У війні між росією і Україною безпілотники вже інтегровані у кожен етап бойових дій з великим флотом, протиповітряною обороною і системами радіоелектронної боротьби з кожного боку. Сьогодні це не просто засіб для ведення розвідки адже ударні БпЛА несуть значну загрозу, як для окремих апаратних так і для вузлів зв'язку в цілому [8].

Безпілотні літальні апарати, що несуть загрозу для вузлів зв'язку можливо поділити на два типи це ударні БпЛА (“Форпост”, “Форпост-Р” та “Оріон”) та БпЛА камікадзе (“Shahed-136”, “Shahed-131” та “Ланцет”). “Форпости” можуть нести по дві керовані ракети або ж дві авіаційні бомби вагою до 100 кг. Shahed-136 може пролетіти понад 2 тис. км, маса бойової частини – 40-50 кг. Ланцети теж несуть велику загрозу хоч і мають значно нижчі бойові можливості дальність польоту 40-50 км хоча вже з'явилися і модернізована версія з дальністю до 70 км, маса бойової частини близько 12 кг, але їх багато і ворог може їх застосовувати масово [8].

Навіть, коли ціль противника була уражена не систему зв'язку вона все одно в деяких випадках отримувала незначні пошкодження, що інколи суттєво, а інколи і не суттєво впливало на ефективність її функціонування. Ключовим показником в даному випадку являється можливість системи зв'язку функціонувати в

умовах здійснення противником вогневого впливу. Таким чином, актуальність даної статті полягає у визначенні показника живучості окремих елементів інформаційно-телекомунікаційного вузла так і системи зв'язку в цілому в умовах вогневого впливу противника. Адже у війнах сучасності одним із ключових факторів, що впливає на ефективність проведення операції є наявність інформації, а деякі видатні вчені наявність інформації прирівнюють до бойового потенціалу. Отже, від живучості інформаційно-телекомунікаційних вузлів залежатиме стійкість та безперервність управління, що в свою чергу вплине на успішність проведення операції чи бойових дій. Тому прогнозування живучості, втрат та визначення доцільних варіантів побудови вузлів, які мають модульну структуру, є актуальним завданням.

### Матеріали та методи

На даний час при оцінюванні живучості інформаційно-телекомунікаційних вузлів можливо застосовувати методики, які використовуються для оцінювання втрат озброєння та військової техніки протиповітряної оборони [1–3]. У [4] запропонований метод прогнозування величини втрат озброєння та військової техніки, які виникають у військах (силах) під час операцій (бойових дій). У статті [5] запропоновано процедуру прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки від впливу уламкової дії засобів ураження в перспективних автоматизованих систем управління (АСУ) матеріально-технічним забезпеченням, яка дозволяє проводити розрахунки імовірності отримання пошкоджень з урахуванням інженерного обладнання позиції зразка озброєння. Розглянутий підхід не дозволяє достатньо повно розраховувати живучість інформаційно-телекомунікаційного вузла пункту управління, проте наведена у праці [5] процедура може бути використана за основу для оцінювання прогнозованої живучості елементів вузла.

Отже, метою статті є удосконалення методики оцінювання живучості елементів інформаційно-телекомунікаційних вузлів в умовах вогневого впливу противника.

### Результати

Основними факторами впливу вогневих засобів на елементи інформаційно-телекомунікаційних вузлів є вогневий вплив, а саме ударний та уламковий вплив. Вплив засобів ураження на елементи інформаційно-телекомунікаційних вузлів визначається способом їх бойового застосування, конструкцією засобів ураження, характеристиками, які визначають руйнівну дію, та, в залежності від можливостей і термінів відновлення засобів зв'язку та автоматизації силами і засобами ремонтно-відновлювальних органів, призводить до різних ступенів пошкоджень [5].

Для оцінювання впливу вогневих засобів противника на інформаційно-телекомунікаційний вузол доцільно використовувати площинні моделі. Основним показником приймається імовірність ураження (не ураження) інформаційно-

телекомунікаційних вузлів в різних умовах. Для спрощення обчислення доцільно прийняти такі обмеження:

ціль та вогневий засіб апроксимуються площинними фігурами. Залежно від ситуації здійснюється наведення вогневого засобу на ціль або ураження відбувається без прямого наведення; напрямки відхилення доставки за дальністю та курсом співпадають з осями  $OX$  та  $OY$  у площині землі. Центр цілі має координати  $(U, V)$ . Функції щільності імовірності помилки доставки в напрямках  $OX$  та  $OY$  мають вигляд:

$$f_x(X-U) = \frac{1}{\delta_x \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(X-U)^2}{2\delta_x^2}\right], \quad (1)$$

$$f_y(Y-V) = \frac{1}{\delta_y \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(Y-V)^2}{2\delta_y^2}\right]. \quad (2)$$

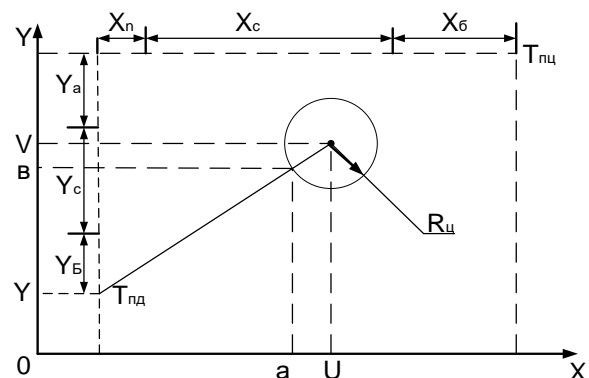
при наведенні вогневі засоби мають помилки прицілювання та балістичну у напрямках  $OX$  та  $OY$ . Якщо вогневий засіб наводиться на ціль, для нього існує помилка прицілювання у напрямку дальності та курсу  $X_1$  та  $Y_1$ . Розташування цілі, точок падіння боеприпасу та помилок (рис. 1). Передбачається, що випадкові змінні  $X_1$  та  $Y_1$  незалежні та кожна має нульове середнє значення та відповідні нормальні функції щільності імовірності;

імовірність ураження цілі у точці  $(U, V)$  при влучанні боеприпасу в точку  $(X, Y)$  задається трипараметричною функцією збитку:

$$D(U-X, V-Y) = D_0 \times \exp\left[-D_0 \left( \left(\frac{U-X}{R_x}\right)^2 + \left(\frac{V-Y}{R_y}\right)^2 \right)\right], \quad (3)$$

де  $D_0$  – максимальна імовірність ураження у точці влучання боеприпасу;

$R_x, R_y$  – відповідні радіуси ураження.



**Рисунок 1.** Розташування цілі, точки влучання боеприпасу та помилок його влучання у напрямках  $OX$  та  $OY$

Для визначення приведеного радіуса вузла скористаємось виразом [6]:

$$r_{\theta} = 0,278(L_x + L_y), \quad (4)$$

де  $L_x, L_y$  – лінійні розміри вузла.

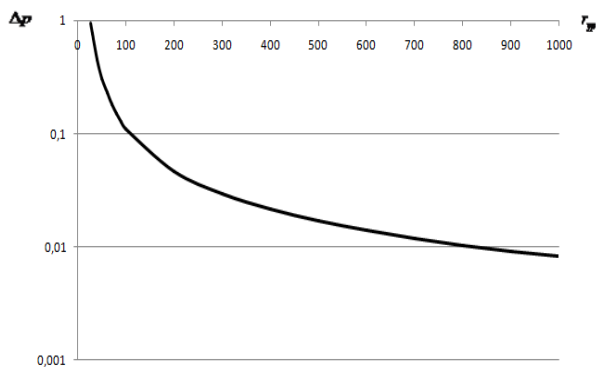
Стійкість елементів вузла до впливу надлишкового тиску отримаємо з виразу [6]:

$$\Delta p = 1,06 \frac{\sqrt[3]{\omega}}{r_{yp}} + 4,3 \frac{\sqrt[3]{\omega^2}}{r_{yp}^2} + 14 \frac{\omega}{r_{yp}^3}, \quad (5)$$

де  $\omega$  – маса бойової частини боєприпаси, кг;

$r_{yp}$  – радіус ураження елементів ІТВ боєприпасами із бойовою частиною фугасної дії, м.

На основі (5) побудуємо графік залежності  $r_{yp}$  від  $\Delta p$  (рис. 2).



**Рисунок 2.** Графік залежності радіусу ураження  $r_{yp}$  від ступеня захищеності елементів ІТВ  $\Delta p$

Ступінь уламкового впливу засобів ураження на комплексні апаратні зв'язку залежить від швидкості удару та товщини матеріалів комплексної апаратної зв'язку. Товщина складових частин комплексної апаратної зв'язку, які уражаються, пропорційна імпульсу ударника, тому для визначення сталюого еквіваленту цілі  $h_{cm}$  використовують показник питомого імпульсу  $I$ , який залежить від товщини перепони:

$$I = \frac{mV}{S_{сер}} \geq I_{кр}, \quad (6)$$

де  $m$  – маса уламку;

$V$  – швидкість уламку елемента ураження;

$S_{сер}$  – середнє значення площі уламка;

$I_{кр}$  – критичне значення питомого імпульсу.

Закон зміни швидкості елементів ураження від подоланої відстані  $x$  матиме вигляд:

$$V = V_0 e^{-Ax}, \quad (7)$$

де  $V_0$  – початкова швидкість уламку (елемента ураження);

$A$  – балістичний коефіцієнт.

Визначити дальність, на якій уламок ще зберігав швидкість, достатню для ураження складових частин комплексної апаратної зв'язку (забійну швидкість –  $V_{заб}$ ) [7]:

$$I_{заб} = \frac{1}{A} \ln \frac{V_0}{V_{заб}}. \quad (8)$$

Балістичний коефіцієнт можливо визначити з виразу [7]:

$$A = \frac{\rho_n C_x \Phi}{2\gamma_0^{2/3} m^{1/3}}, \quad (9)$$

де  $\rho_n$  – щільність повітря;

$C_x$  – коефіцієнт лобового опору;

$\Phi$  – параметр форми уламку;

$\gamma_0$  – щільність матеріалу уламку.

Для сталюого уламку на рівні землі забійний імпульс складатиме [7]:

$$I_{заб} = 145 \frac{m^{1/3}}{C_x \Phi} \ln \frac{V_0}{V_{заб}}. \quad (10)$$

Забійна швидкість уламку розраховують за виразом:

$$V_{заб} = 145 \frac{h_{cm} \Phi}{m^{1/3}}, \quad (11)$$

Виходячи з цього товщину перепони, яку пробиває уламок (сталюий еквівалент цілі), можливо розрахувати за виразом:

$$h_{cm} = \frac{Vm^{1/3}}{145\Phi}, \quad (12)$$

Порівнявши отримане значення з необхідним ( $h_{cm} \geq h_{cm,необх}$ ) отримуємо інформацію про пробиття перепони.

### Висновки

Запропонована удосконалена методика дає змогу здійснити оцінювання впливу вогневих засобів на елементи інформаційно-телекомунікаційного вузла, а саме, розрахувати імовірність ураження його елемента у визначеній точці, стійкість елементів вузла до впливу надлишкового тиску та врахувати уламковий вплив вогневих засобів на елементи інформаційно-телекомунікаційного вузла.

У подальшому наведені методичні положення можуть бути використані при розрахунку стійкості інформаційно-телекомунікаційного вузла залежно від ураження його складових елементів.

### **Список використаних джерел**

1. Городнов В. П. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку) / [Городнов В. П., Дробаха Г. А., Єрмошин М. О., Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І.]; Монографія. – Харків: ХВУ, 2004. – 410 с.
2. Удосконалення підходів щодо прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ від впливу ударної дії засобу ураження / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, В.В. Старцев, С.А. Бортновський // Системи озброєння і військова техніка. – 2018. – № 1(53). – С. 20 – 24. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.53.02>.
3. Методичний підхід щодо оцінки втрат озброєння і військової техніки частинами та підрозділами протиповітряної оборони угруповання військ (сил) / М.О. Єрмошин, О.В. Кулешов, А.М. Гордієнко, С.І. Клівець // Системи озброєння і військова техніка. – 2020. – № 1(61). – С. 152 – 157. – Режим доступу: <https://journal-hnups.com.ua/index.php/soivt/article/view/254>
4. Павловський О. В. Прогнозування величини втрат озброєння та військової техніки під час операцій (бойових дій) / О. В. Павловський // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 4. – С. 116 – 118. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt\\_2015\\_4\\_33](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2015_4_33).
5. Впровадження процедури прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки від впливу осколкової дії засобів ураження в перспективних АСУ матеріально-технічним забезпеченням / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, В.В. Старцев, Р.Ю. Кушпета, М.В. Дудко // Зб. наукових праць ХНУПС. – 2018. – № 4(58). – С. 50-56.
6. Тимофєєв А.В. Підхід до оцінювання ефективності радіоелектронної боротьби з високоточною зброєю, що наводиться за даними супутникових навігаційних систем / А.В. Тимофєєв, О.Б. Завацький, В.В. Дубінін // Зб. наукових праць ЦНДІ ЗСУ. – 2009. – № 3(49). – С. 132 – 141.
7. Методика комплексного дослідження вибухових пристроїв, вибухових речовин і слідів вибуху – К., 2007. – 218 с.
8. Методика оцінки стійкості системи військового зв'язку / М.О. Масесов, І.О. Бондаренко, О.І. Садиков, В.І. Макарчук // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – 2016. – № 1. – С. 94-102.
9. Боговик А.В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А.В. Боговик, В.В. Игнатов. – СПб: Военная академия связи, 2006. – 183 с.
10. Юхновський С.А. Часткова методика оцінки відповідності системи зв'язку потребам визначеної системи управління протиповітряною обороною / С.А. Юхновський, О.П. Кулик, І.Л. Костенко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 124-126.
11. Авсюкевич А.Н. Эффективность и электронная защита военных систем связи / А.Н. Авсюкевич, В.Ф. Комарович, М.В. Симонов. – Л.: ВОЛКАС, 1980. – 32 с.

## **IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE SURVIVABILITY OF ELEMENTS OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NODES UNDER ENEMY FIRE INFLUENCE**

**Oleksandr Yakobinchuk** (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0000-0002-8186-6978>

**Vasyl Yasinetskyi** (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0009-0005-6274-0738>

**Yuri Khazhanets** (Ph.D.)

<https://orcid.org/0000-0002-8926-2474>

**Andrii Bakhman**

<https://orcid.org/0000-0001-6452-1444>

*The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

*In contemporary warfare, including the Russian-Ukrainian conflict, the adversary primarily seeks to disrupt the command and control system, at the core of which lies the communication system. One of the key influencing factors on the communication system in the Russian-Ukrainian conflict is the impact of firepower, which can be broadly categorized into kinetic and fragmentation impacts. The primary parameter considered is the probability of affecting (or not affecting) an information and telecommunication node under different conditions. The degree of fragmentation impact of munitions on the complex hardware of communication systems depends on the speed of impact and material thickness of the communication complex. The proposed methodological approach allows for the evaluation of the impact of firepower on the components of an information and telecommunication node, enabling the calculation of the probability of component damage at a specified location, the resilience of node components to excess pressure, and the consideration of fragmentation impact of munitions on the elements of the information and telecommunication node.*

**Keywords:** *resilience, information and telecommunication node, impact.*

### **References**

1. Horodnov V. P. Modeliuvannya boiovykh dii viisk (syl) protypovitrianoi oborony ta informatsiine zabezpechennia protsesiv upravlinnia nymy (teoriia, praktyka, istoriia rozvytku) / [Horodnov V. P., Drobakha H. A., Yermoshyn M. O., Smirnov Ye. B., Tkachenko V. I.]; Monohrafiia. – Kharkiv: KhVU, 2004. – 410 s.
2. Udoskonalennia pidkhodiv shchodo prohnouzuvannia poshkodzhen ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki zenitnykh raketnykh viisk vid vplyvu udarnoi dii zasobu urazhennia / D.M. Zapara, M.B. Brovko, V.V. Startsev, S.A. Bortnovskiy // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – 2018. – № 1(53). – S. 20 – 24. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.53.02>.
3. Metodychni pidkhid shchodo otsinky vtrat ozbroiennia i viiskovoi tekhniki chastynamy ta pidrozdilamy protypovitrianoi oborony uhrupovannia viisk (syl) / M.O. Yermoshyn, O.V. Kulieshov, A.M. Hordiienko, S.I. Klivets // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – 2020. – № 1(61). – S. 152 – 157. – Rezhym dostupu: <https://journal-hnups.com.ua/index.php/soivt/article/view/254>
4. Pavlovskiy O. V. Prohnouzuvannia velychyny vtrat ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki pid chas operatsii (boiovykh dii) / O. V. Pavlovskiy // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – 2015. – № 4. – S. 116 – 118. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt\\_2015\\_4\\_33](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2015_4_33).
5. Vprovadzhennia protsedury prohnouzuvannia poshkodzhen ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki vid vplyvu oskolkovoi dii zasobiv urazhennia v perspektyvnykh ASU materialno-tekhnichnym zabezpechenniam / D.M. Zapara, M.B. Brovko, V.V. Startsev, R.Iu. Kushpeta, M.V. Dudko // Zb. naukovykh prats KhNUPS. – 2018. – № 4(58). – S. 50-56.
6. Timofieiev A.V. Pidkhid do otsiniuvannia efektyvnosti radioelektronnoi borotby z vysokotochnoiu zbroieiu, shcho navodytsia za danymy suputnykovykh navihatsiinykh system / A.V. Timofieiev, O.B. Zavatskiy, V.V. Dubinin // Zb. naukovykh prats TsNDI ZSU. – 2009. – № 3(49). – S. 132 – 141.
7. Metodyka kompleksnoho doslidzhennia vybukhovyykh prystroiv, vybukhovyykh rechovyn i slidiv vybukhu – K., 2007. – 218 s.
8. Metodyka otsinky stiikosti systemy viiskovoho zviazku / M.O. Masesov, I.O. Bondarenko, O.I. Sadykov, V.I. Makarchuk // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu telekomunikatsii ta informatyzatsii. – 2016. – № 1. – S. 94-102.
9. Bohovyk A.V. Effektyvnost systemy voennoi svyazy y metody ee otsenky / A.V. Bohovyk, V.V. Yhnatov. – SPb: Voennaia akademyia svyazy, 2006. – 183 s.
10. Yukhnovskiy S.A. Chastkova metodyka otsinky vidpovidnosti systemy zviazku potrebam vyznachenoi systemy upravlinnia protypovitrianoi oboronoiu / S.A. Yukhnovskiy, O.P. Kulyk, I.L. Kostenko // Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy. – 2017. – № 2(27). – S. 124-126.
11. Avsiukevych A.N. Effektyvnost y elektronnaia zashchyta voennykh system svyazy / A.N. Avsiukevych, V.F. Komaro-vych, M.V. Symonov. – L.: VOLKAS, 1980. – 32 s.