

Юрій Аркадійович Гусак (доктор військових наук, с.н.с.)

Василь Кузьмович Шевченко

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО АНАЛІЗУ ЖИВУЧОСТІ СИСТЕМИ ПУНКТІВ УПРАВЛІННЯ

У статті розглядається проблема аналізу живучості системи пунктів управління (ПУ) як одна із складових проблеми живучості військ (сил). При розгляді цієї проблеми здійснена декомпозиція системи пунктів управління ЗС України за рівнями системи управління військами та за структурою Збройних Сил (ЗС) України, а саме: на стратегічному рівні – система ПУ Головнокомандувача ЗС України; на оперативно-стратегічному рівні – системи ПУ командувача Об'єднаних сил, командувачів видів та окремих родів військ; на оперативному рівні – системи ПУ командувачів оперативних командувань та командирів повітряних командувань. Показано, що у наукових працях, присвячених проблемним питанням управління військами під час їх застосування, застосовуються моделі, які описують живучість тільки окремих ПУ. У зв'язку з цим, у статті запропоновано методичний підхід аналізу живучості системи ПУ, який базується на теорії імовірностей. Введено показники живучості – імовірність збереження працездатного стану системою ПУ на відповідному рівні та відповідно до виду, окремого роду військ та оперативного і повітряного командування. Методичний підхід до аналізу живучості системи ПУ дає можливість розрахувати імовірності збереження працездатного стану системою ПУ залежно від рівня управління. Для перевірки адекватності методичного підходу розглянуто типову структуру системи ПУ, яка складається з основного, запасного та резервного ПУ. Показано, що запропонований підхід не суперечить положенням теорії управління військами та дозволяє розробити методуку обґрунтування вимог до живучості системи пунктів управління ЗС України.

Ключові слова: система пунктів управління; методичний підхід до аналізу живучості.

Вступ

Постановка проблеми. Система управління ЗС України складається з таких підсистем: пунктів управління органів військового управління та зв'язку і АСУВ. Забезпечення живучості системи управління Збройних Сил неможливе без забезпечення живучості підсистеми ПУ. При цьому, основне призначення системи пунктів управління (система ПУ) – забезпечення стійкого, безперервного та прихованого управління військами в умовах бойової обстановки [1].

В Збройних Силах була створена і функціонує розгалужена система стаціонарних, захищених та рухомих ПУ (в тому числі повітряних і морських), яка мала забезпечувати стійке і безперервне управління військами (силами) у визначених операційних зонах (районах) з урахуванням сучасних викликів і загроз національній безпеці України, як в мирний час, так і особливий період.

Застосування визначених військ у різних операційних зонах (районах) включає створення і

утримання розвиненої системи стаціонарних захищених і рухомих ПУ, яка забезпечить необхідний рівень її живучості.

Стаціонарні захищені ПУ забезпечують найбільш сприятливі умови для роботи оперативного складу, надійний зв'язок, захист людей від вогневого впливу противника.

Під час підготовки ЗС України до застосування здійснюються заходи із завчасної підготовки захищених ПУ, їх вузлів зв'язку та опорних мереж зв'язку. Саме стаціонарні захищені ПУ складають основу системи управління ЗС України на стратегічному і оперативному рівнях. Вони обладнуються завчасно в спеціально вибраних районах. В мирний час на них організовується бойове чергування черговими силами оперативного складу штабів і вузлів зв'язку, а в загрозливий і особливий періоди на цих пунктах розгортаються органи управління в повному складі. З них здійснюється управління військами

(силами) при відбитті нападу противника, веденні операцій і бойових дій на початку війни.

На рис. 1 зображено структуру системи пунктів управління ЗС України, яка включає в себе декілька підсистем ПУ різного рівня. Зазначена структура представляє собою досить складну розгалужену систему, оцінювання живучості якої в сучасних умовах є актуальним науковим завданням, яке потребує серйозного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання живучості системи ПУ досить широко розглядаються у наукових працях. Разом з тим, методичні аспекти оцінювання живучості системно не розглядалися.

Зокрема, аналіз наукових праць [1]–[4], присвячених проблемним питанням живучості системи ПУ свідчить про те, що на даний час розроблені та використовуються моделі, які описують живучість окремих ПУ.

Однак математичних моделей, які б загалом описували живучість багаторівневої системи ПУ, нині немає.

Метою статті є розроблення методичного підходу, який дає можливість аналізувати живучість багаторівневої системи пунктів управління.

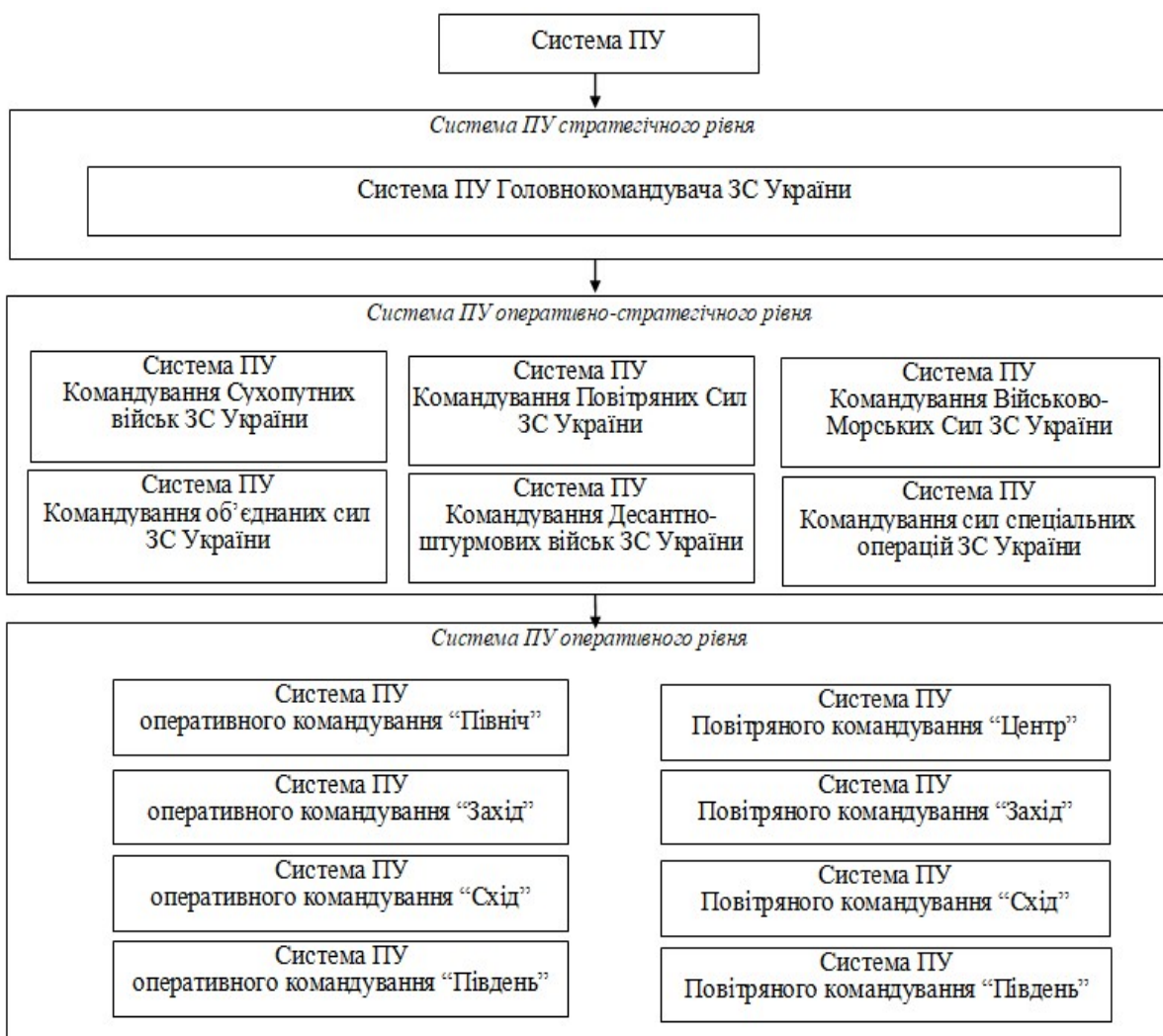


Рис. 1. Структура системи пунктів управління ЗС України

Виклад основного матеріалу дослідження

У роботах [3] та [4] для оцінювання живучості ПУ під вогневим впливом противника введено імовірність виходу з ладу ПУ $Q_{пу}$ та імовірність збереження працездатного стану $P_{пу} = 1 - Q_{пу}$.

Тоді імовірності збереження працездатного

стану складових системи пунктів управління ЗС України можуть бути визначені за подібними виразами.

Імовірність збереження працездатного стану системи ПУ Головнокомандувача ЗС України становитиме:

$$P_{гк} = 1 - Q_{гк} \quad (1)$$

Імовірності збереження працездатного стану

системами ПУ командування Об'єднаних сил, командувань видів ЗС України та окремих родів військ (десантно-штурмових військ і Сил спеціальних операцій) визначатимуться як:

$$P_{oc} = 1 - Q_{oc}, P_{св}(пс, вмс) = 1 - Q_{св}(пс, вмс),$$

$$P_{дшв}(ссо) = 1 - Q_{дшв}(ссо). \quad (2)$$

Імовірності збереження працездатного стану системами ПУ оперативних (ОК) та повітряних (ПВК) командувань становитимуть:

$$P_{ок\ північ(захід, схід, південь)} = 1 - Q_{ок\ північ(захід, схід, південь)}, \quad (3)$$

$$P_{пвк\ північ(захід, схід, південь)} = 1 - Q_{пвк\ північ(захід, схід, південь)}. \quad (4)$$

Враховуючи (1)–(4) можна записати вирази для імовірностей збереження працездатного стану складових системи ПУ усіх рівнів.

Імовірність збереження працездатного стану системою ПУ стратегічного рівня:

$$P_{ср} = 1 - Q_{ср}, Q_{ср} = Q_{гк}. \quad (3)$$

Імовірність збереження працездатного стану системою ПУ оперативно-стратегічного рівня:

$$P_{оср} = 1 - Q_{оср},$$

$$Q_{оср} = Q_{св} \cdot Q_{пс} \cdot Q_{вмс} \cdot Q_{дшв} \cdot Q_{oc} \cdot Q_{ссо}. \quad (6)$$

Імовірність збереження працездатного стану

системою ПУ оперативного рівня:

$$P_{ор} = 1 - Q_{ор}, Q_{ор} = Q_{ок} \cdot Q_{пвк},$$

$$Q_{ок} = Q_{ок\ північ} \cdot Q_{ок\ захід} \cdot Q_{ок\ схід} \cdot Q_{ок\ південь},$$

$$Q_{пвк} = Q_{пвк\ північ} \cdot Q_{пвк\ захід} \cdot Q_{пвк\ схід} \cdot Q_{пвк\ південь}. \quad (3)$$

Тоді, використовуючи формулу повної імовірності для визначення імовірності збереження працездатного стану системою ПУ ЗС України, маємо:

$$P_{спу} = 1 - Q_{ср} \cdot Q_{оср} \cdot Q_{ор} =$$

$$= 1 - (1 - P_{ср}) \cdot (1 - P_{оср}) \cdot (1 - P_{ор}) = P_{ср} + P_{оср} + P_{ор} -$$

$$- P_{ср} \cdot P_{оср} - P_{ср} \cdot P_{ор} - P_{оср} \cdot P_{ор} + P_{ср} \cdot P_{оср} \cdot P_{ор}. \quad (8)$$

Схема визначення імовірностей збереження працездатного стану складовими системи пунктів управління ЗС України наведена на рис. 2.

Під час проведення операції вихід з ладу того чи іншого ПУ представляє собою випадковий процес. У роботі [5] показано, що для оцінювання живучості системи ПУ в умовах впливу противника можна застосувати математичний апарат теорії марковських процесів.

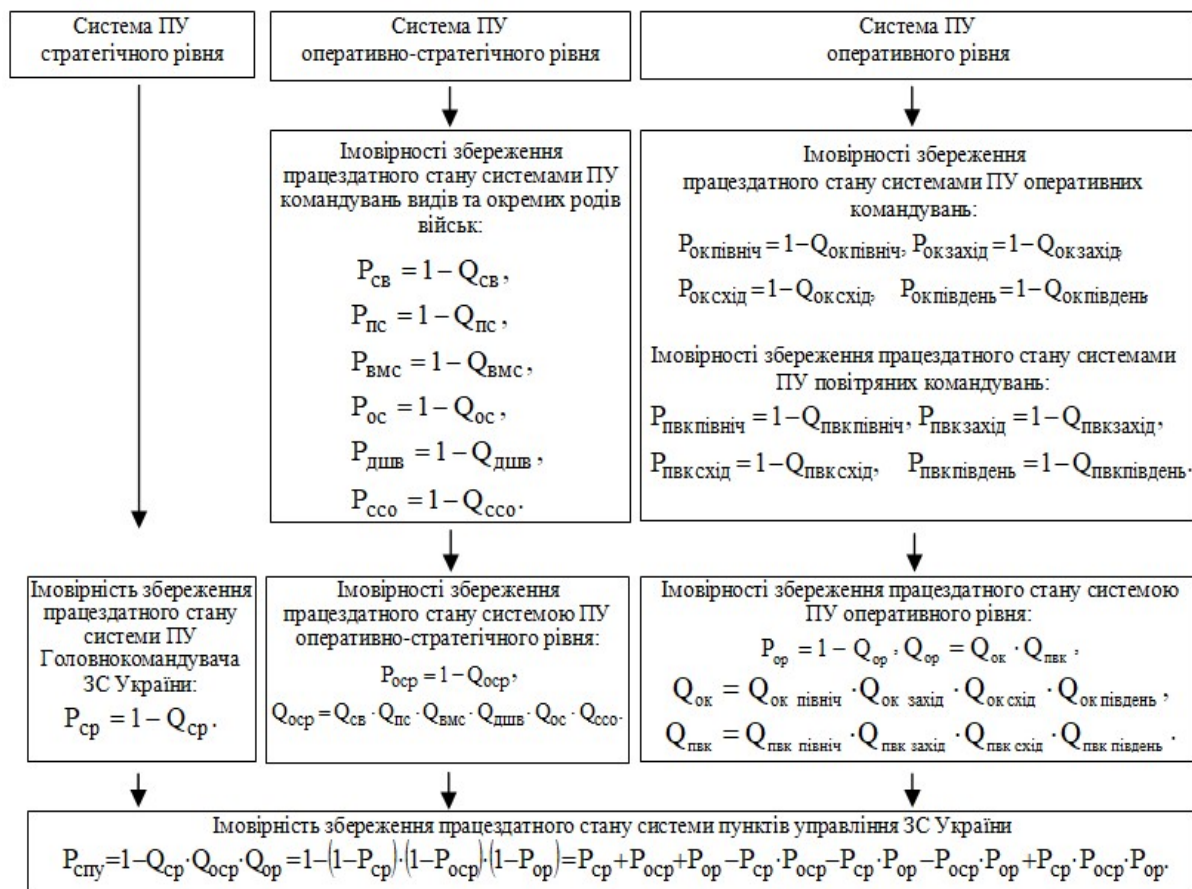


Рис. 2. Схема визначення імовірностей збереження працездатного стану складовими системи пунктів управління ЗС України

системи ПУ необхідно, щоб з усіх n ПУ здійснювалося безперервне управління військами. Для сталого функціонування системи ПУ завжди є запасні ПУ m , які можуть бути виведені з ладу під впливом противника, так само, як і основні ПУ, та резервні ПУ r , які з початку операції не функціонують і тому не можуть бути виведені з ладу противником. Якщо основні ПУ вийшли з ладу, то вони замінюються негайно запасними ПУ, а останні – з резерву.

У такому випадку під живучістю системи ПУ будемо розуміти властивість цієї системи зберігати або своєчасно відновлювати здатність забезпечувати управління військами з n ПУ в умовах впливу противника. При цьому система ПУ втрачає цю здатність, коли виведено з ладу більше, ніж $m+r$ ПУ [5].

Позначимо через $Q_k(t)$ імовірність того, що у момент t противником виведено з ладу k ПУ ($0 \leq k \leq n+m+r$). Тоді живучість системи ПУ можна представити виразом [5]:

$$\alpha(t) = \sum_{k=0}^{m+r} Q_k(t) \quad (9)$$

де

$$Q_k(t) = \begin{cases} \frac{[\lambda(n+m)\tau]^k}{k!} Q(t)_0, & \text{якщо } 0 < k \leq r+1, \\ \frac{(\lambda\tau)^k (n+m)^{r+1} (n+m-1) \dots (n+m+r-k+1)}{k!} Q(t)_0, & \text{якщо } r+2 \leq k \leq n+m+r \end{cases}$$

– ймовірність виходу з ладу k -го ПУ ($0 \leq k \leq n+m+r$);

λ – інтенсивність впливу противника.

$$Q_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{n+m+r} \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{k-1}}{k!} \tau^k}$$
 – ймовірність того,

що $n+m+r$ ПУ не вийдуть з ладу під впливом противника;

τ – математичне очікування часу відновлення ПУ;

$$\lambda_k = \begin{cases} \lambda(n+r), & \text{якщо } 0 < k \leq r, \\ \lambda(n+r+r-k), & \text{якщо } k > r \end{cases}$$

інтенсивність виходу з ладу k -го ПУ.

Системи ПУ, які входять до системи ПУ ЗС України мають типову структуру та складаються з основного ($n = 1$), запасного ($m = 1$) та резервного ($r = 1$) ПУ. Тому розглянемо живучість такої системи ПУ.

Тоді, відповідно до виразу (9), живучість системи ПУ у стаціонарному режимі

$$\alpha = \sum_{k=0}^{m+r} Q_k = \sum_{k=0}^2 Q_k = Q_0 + Q_1 + Q_2, \quad (10)$$

$$\text{де } Q_k = \begin{cases} \frac{[2\lambda\tau]^k}{k!} Q_0, & \text{якщо } k = 1, \\ \frac{(\lambda\tau)^k 4(3-k+1)}{k!} Q_0, & \text{якщо } k = 2, \end{cases} \quad (11)$$

$$Q_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^3 \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{k-1}}{k!} \tau^k}, \quad (12)$$

$$\lambda_k = \begin{cases} 2\lambda & \text{якщо } k = 1, \\ (3-k)\lambda & \text{якщо } k = 2. \end{cases} \quad (13)$$

Тоді вираз для живучості системи ПУ прийме наступний вигляд:

$$\alpha = \frac{1 + 2\lambda\tau + (\lambda\tau)^2}{\sum_{k=0}^3 \frac{2(\lambda\tau)^k}{k!}}$$

Графік залежності живучості типової системи ПУ $\alpha(\lambda)$ від інтенсивності виходу з ладу ПУ λ за умов $n = 1$, $m = 1$ та $r = 1$ наведено на рис. 2, а за умов $n = 1$, $m = 2$ та $r = 1$ – на рис. 3.

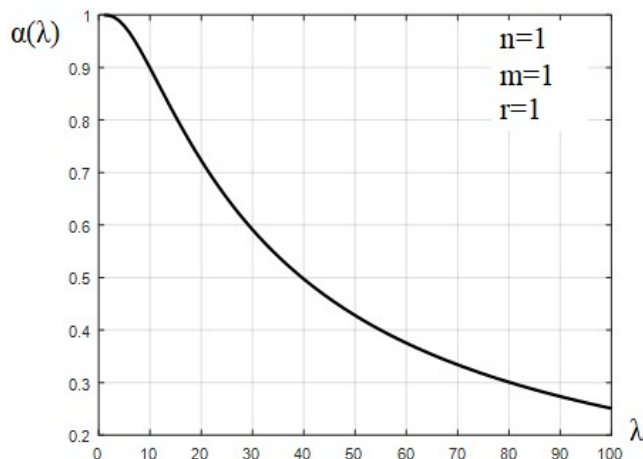


Рис. 2. Графік залежності α від інтенсивності виходу з ладу ПУ (за умов $n = 1$, $m = 1$ та $r = 1$)

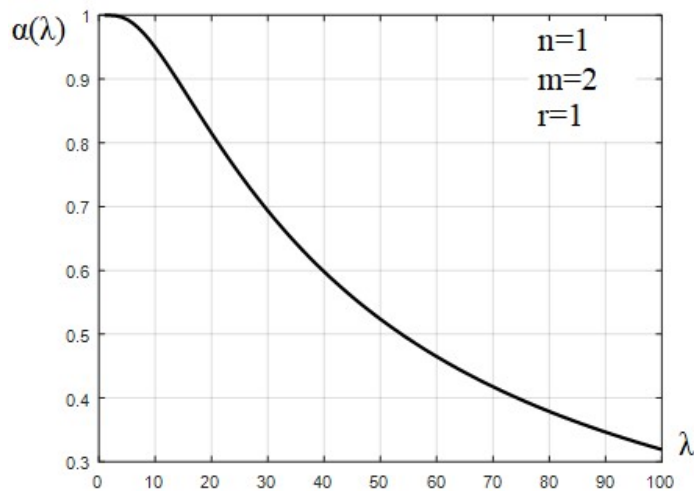


Рис. 3. Графік залежності α від інтенсивності виходу з ладу ПУ (за умов $n = 1$, $m = 2$ та $r = 1$)

Аналіз графіків на рис. 2–3 показує, що живучість системи ПУ, яка складається з 4 ПУ ($\alpha=0,33$), більша ніж у системи ПУ, яка складається з 3 ПУ ($\alpha=0,26$).

Запропонований підхід щодо аналізу живучості системи ПУ адекватно описує залежність живучості типової системи ПУ від кількості ПУ та інтенсивності впливу противника і не суперечить положенням теорії управління військами.

На основі виразу (9) є можливість розрахувати живучість кожної складової системи ПУ ЗС України як ймовірності збереження працездатного стану системи ПУ відповідно до виразів (1)–(8).

Література

1. Иванов Д. А., Савельев В. П., Шеманский П. В. Основы управления войсками в бою: изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: Воениздат, 1977. 389 с. 2. Военный энциклопедический словарь. В 2 т. Москва: БРЭ, Риполклассик, 2001. 848 с. 3. Основы управления войсками / П. К. Алтухов, И. А. Афонский, И. В., Рыболовский, А. Е. Татарченко; под ред.

П. К. Алтухова. Москва, Воениздат, 1984. 221 с. 4. Шуськін В. О. До питання оцінювання ефективності системи управління військами (силами) // Наука і оборона. 2010. № 4. С. 23–28. 5. Гусак Ю. А., Шевченко В. К. Математична модель живучості системи пунктів управління // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України. 2019. № 3 (89). С. 120–129.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Таким чином, запропонований методичний підхід дає можливість визначити ймовірності збереження працездатності складовими системи пунктів управління ЗС України на стратегічному, оперативно-стратегічному та оперативному рівнях управління.

Запропонований методичний підхід дозволяє аналізувати живучість як системи ПУ ЗС України, так і її складових в залежності від кількості ПУ, які входять до відповідної системи ПУ, так і від інтенсивності впливу противника.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ЖИВУЧЕСТИ СИСТЕМЫ ПУНКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Юрий Аркадьевич Гусак (доктор военных наук, с.н.с.)
Василий Кузьмич Шевченко

Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина

В статье рассматривается проблема анализа живучести системы пунктов управления (ПУ) как одна из составляющих проблемы живучести войск (сил). При рассмотрении этой проблемы осуществлена декомпозиция системы ПУ Вооруженных Сил (ВС) Украины по уровням системы управления войсками и по структуре ВС Украины, в частности: на стратегическом уровне – система ПУ Главнокомандующего ВС Украины; на оперативно-стратегическом уровне – системы ПУ командующего Объединенных сил, командующих видов и отдельных родов войск; на оперативном уровне – системы ПУ командующих оперативных командований и командиров воздушных командований. Показано, что в научных работах, посвященных проблемным вопросам управления войсками во время их применения, применяются модели, которые

описывают живучесть только отдельных ПУ. В связи с этим, в статье предложено методический подход к анализу живучести системы ПУ, который базируется на теории вероятностей. Введены показатели живучести – вероятность сохранения работоспособного состояния системой ПУ на соответствующем уровне и в соответствии с видом, отдельным родом войск, оперативным и воздушным командованиями. Методический подход к анализу живучести системы ПУ позволяет рассчитывать вероятности сохранения работоспособного состояния системой ПУ в зависимости от уровня управления. Для проверки адекватности методического подхода рассмотрены типовую структуру системы ПУ, состоящая из основного, запасного и резервного ПУ. Показано, что предложенный подход не противоречит положениям теории управления войсками и позволяет разработать методику обоснования требований к живучести системы пунктов управления ВС Украины.

Ключевые слова: система пунктов управления, методический подход к анализу живучести.

METHODICAL APPROACH TO ANALYSIS OF SURVIVABILITY OF CONTROL POINTS SYSTEM

Yurii Husak (doctor of military Sciences, senior researcher)

Vasiliy Shevchenko

Central research Institute of Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

In this article the problem of the analysis of survivability of control point system (CPS) as one of components of a problem of troops (forces) survivability is considered. By consideration of this problem decomposition of control point system of the Armed forces of Ukraine, on levels of a control system, is carried out: at strategic level – it's a CPS of Commander-in-chief of Armed forces of Ukraine; at operatively-strategic level - CPS of Joint forces, armed services and separate arms commanders; at operative level - CPS of operative commands and air commands commanders. It is shown in articles, which are to problem questions of troops management during their deployment devoted, models, which describe survivability separate control points only, are applied. In this connection, there a methodical approach to the analysis of CPS survivability, which is based on probability theory, is offered. Survivability indicators - probability of preservation by CPS in efficient condition at corresponding level and according to a armed service, separate combat arm, operative and air commands are entered. The methodical approach to the analysis of CPS survivability with command level is depending. To check the adequacy of the methodical approach, it is considered a typical CPS main alternate CPS. This method allows to count probabilities of preservation of an efficient condition of CPS on strategic, operatively-strategic and operative levels. It is shown that the presented approach does not contradict to the theory of troops management and allows to develop a technology of requirements to survivability of CPU of the Armed Forces of Ukraine substantiation.

Key words: control points system, methodical approach to the survavebility analysis.

References

- 1. Ivanov D.A., Savelyev V.P., Shemansky P.V.** Fundamentals of troops control in battle: ed. 2nd, remaking and ext. Moscow: Voenizdat (Military Publishing), 1977. 389 p.
- 2. Military Encyclopedic Dictionary.** In 2 vol. Moscow: BRE, Ripol classic, 2001. 848 p.
- 3. Fundamentals of troop management / P.K. Altukhov, I.A. Afonsky, I.V. Rybolovsky, A.E. Tatarchenko;** ed. by P.K. Altukhov. Moscow, Voenizdat (Military Publishing), 1984. 221 p.
- 4. Shuenkin V.A.** About the question of evaluating the effectiveness of the troops (forces) control system // Science and Defense. 2010. № 4. P. 23–28.
- 5. Gusak, Y. A., Shevchenko V.K.** Mathematical model of survivability of the system of the control points // Coll. of scienc. worksof CSRI of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, No. 3 (89) pp. 120-127.