

ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДРОЗДІЛУ ОХОРОНИ ОБ'ЄКТА КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З ПРОТИДІЇ ДИВЕРСІЯМ

Сукоцько С. М., Чепель М. О.

ВСТУП

Відповідно до Зеленої книги з питань захисту критичної інфраструктури в Україні до критичних інфраструктур належать особливо важливі об'єкти та радіаційно небезпечні об'єкти, для яких розробляється об'єктова проектна загроза.

Про можливість диверсій на об'єктах інфраструктури, в тому числі на атомній електростанції зі сторони диверсійно-розвідувальних груп «Донецької та Луганської народних Республік» чи радикально і екстремістськи налаштованих осіб, акцентується увага у Военній доктрині України, у Стратегії національної безпеки України, в Посланні Президента України до Верховної Ради України¹ та в Зеленій книзі².

Одним з основних напрямів державного управління у сфері державної безпеки є оцінка протидії диверсіям на об'єктах критичної інфраструктури, що підтверджує необхідність у прогнозуванні можливостей підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури з протидії диверсіям.

У теорію охорони об'єктів критичної інфраструктури значний внесок зроблено у роботах вітчизняних та іноземних учених: І.О. Кириченка³, В.А. Гриненка⁴, Б.П. Степанова⁵, А.В. Леуса⁶,

¹ Аналітична доповідь до Щорічного Послання Президента України до Верховної Ради України «Про внутрішнє та зовнішнє становище України в 2018 році». Київ : НІСД, 2019. 688 с.

² Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні : аналітична доповідь / Д.С. Бірюков та ін. Київ : НІСД, 2015. 35 с.

³ Кириченко І.О., Горелишев С.А., Побережний А.А. Технологічні основи інформаційно-аналітичного забезпечення службово-бойової діяльності сил охорони правопорядку : монографія. Харків : Академія внутрішніх військ МВС України, 2013. 291 с.

⁴ Гриненко В.А. Общій подход к описанию параметров модели нарушителя. *Спецтехника и связь*. 2011. № 1. С. 23–25.

М.В. Радаєва⁷, А.Ю. Зенова⁸, А.С. Боровського⁹, А.А. Wadoud¹⁰, А.Е. Mansour¹¹, J.D. Williams¹².

Нині є низка нових загроз щодо об'єктів критичної інфраструктури, таких як підрив об'єктів життєзабезпечення за межами цих об'єктів, ураження вразливих технологічних систем об'єктів за допомогою використання малорозмірних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та інше.

Однак наявна теоретична база не дозволяє здійснити прогнозування можливостей підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури з протидії диверсіям у повному обсягу, в тому числі з урахуванням визначених загроз.

Таким чином, оцінка протидії диверсіям на об'єктах критичної інфраструктури є одним з основних напрямів механізму державного управління у сфері державної безпеки. Однак з появою нових загроз щодо об'єктів критичної інфраструктури, а саме здійснення диверсій за межами цих об'єктів із застосуванням малорозмірних БПЛА, теорія, яка наявна натеper у такому напрямі дослідження розвинута не досить. Тому необхідно розробити моделі, які б дозволяли прогнозувати можливості підрозділів охорони об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням визначених загроз.

⁵ Степанов Б.П., Годових А.В. Основы проектирования систем физической защиты ядерных объектов : учебное пособие. Томск : Томский политехнический институт, 2009. 118 с.

⁶ Леус А.В. Математическая модель оценки эффективности систем физической защиты. *T-Com* – Телекоммуникации и транспорт. 2018. № 6. С. 46–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/matematicheskaya-model-otsenki-effektivnosti-sistem-fizicheskoy-zaschity> (дата звернення: 10.12.2020).

⁷ Радаев Н.В. Приближённые оценки защищенности объектов от террористических действий. *Безопасность. Достоверность. Информация*. 2007. № 3 (72). С. 28–32.

⁸ Зенов А.Ю. Комплексный подход к обнаружению, классификации и распознаванию нарушителя на охраняемой территории. *Технические науки. Информатика, вычислительная техника*, 2012. № 2(22). С. 23–32.

⁹ Боровский А.С. Приближённая оценка защищенности потенциально опасных объектов. *Программные продукты и системы*. 2013. №. 3. С. 235–243.

¹⁰ Wadoud A.A., Adail A.S., Saleh A.A. Physical protection evaluation process for nuclear facility via sabotage scenarios. *Alexandria Engineering Journal*. 2018. No. 57. P. 831–839.

¹¹ Mansour A.E., Wadoud A.A., Evaluation and upgrading of physical protection system of a hypothetical nuclear facility sabotage threat, in: *Ninth International Conference, Faculty of Engineering, Al-Azhar University*, Nasr City, Cairo, Egypt, 2007.

¹² Williams J.D. Physical Protection System Design and Evaluation, *IAEA-CN-68/29*, Vienna, 10–12 November 1997.

**1. Модель визначення чисельності особового складу,
необхідного для пошуку диверсійно-розвідувальної групи
в зоні відповідальності підрозділу охорони
об'єкта критичної інфраструктури**

У разі отримання інформації від Служби безпеки України про можливість вчинення диверсії щодо об'єкта критичної інфраструктури підрозділ, який його охороняє, повинен організувати пошук та знищення диверсійно-розвідувальної групи (ДРГ) у зоні своєї відповідальності. З цієї метою виділяється пошукові групи (ПГ), які діють у визначених секторах. Тривалість пошуку $t_{\text{пош}}$ визначається експертами і не може бути більшою за час, який необхідний диверсійно-розвідувальній групі для наближення до об'єкта. За визначений час пошукові групи повинні провести пошук по всій зоні відповідальності. Площа $Z_i^{\text{пош}}$, на якій може провести пошук одна пошукова група, залежить від швидкості $V_{\text{пош}}$ ведення пошуку, кратності $\varphi_{\text{н.с}}$ приладу спостереження, який має особовий склад пошукової групи та коефіцієнта $k_i^{\text{пел.}}$ прямої видимості об'єкта з урахуванням i -го типу рельєфу місцевості ($i=1, 2, 3$, де 1 – рівнинний ($k_1^{\text{пел.}} = 0,75$), 2 – горбистий ($k_2^{\text{пел.}} = 0,5$), 3 – гірський типи рельєфу місцевості ($k_3^{\text{пел.}} = 0,25$)) і знаходиться за формулою:

$$Z_i^{\text{пош}} = t_{\text{пош}} \cdot R \cdot \varphi_{\text{н.с}} \cdot k_i^{\text{пел.}} \cdot Z_i^{\text{нов}}. \quad (1)$$

де R – дальність видимості об'єкта без засобів спостереження.

Огляд території особовим складом пошукової групи ведеться з обох сторін маршруту пересування. Відповідно, розрахунковий вираз необхідної кількості пошукових груп $\eta_{\text{н.сп.}}$, які потрібно виділяти для ведення пошуку диверсійно-розвідувальної групи в зоні відповідальності, матиме вигляд:

$$\eta_{\text{н.сп.}} = \frac{Z_{\text{відн}}}{\frac{\sum_{i=1}^n 2 \cdot Z_i^n}{n}}, \quad (2)$$

де Z_i^n – площа пошуку, на якій може провести пошук одна пошукова група з урахуванням i -го типу рельєфу місцевості ($i=1, 2, 3$, де 1 – рівнинний, 2 – горбистий, 3 – гірський типи рельєфу місцевості); n – кількість типів рельєфу місцевості, які можуть бути в зоні відповідальності; $Z_{\text{відн}}$ – площа зони відповідальності.

Особовий склад пошукової групи під час пошуку повинен виявити диверсійно-розвідувальну групу, негайно доповісти старшому начальнику (командирові) та вести спостереження до прибуття підсилення (резерву). Однак у деяких випадках особовий склад пошукової групи може вступати в бій з противником, при цьому ПГ не повинна втратити боєздатність до прибуття резерву. З метою визначення кількості особового складу пошукових груп та резерву використано відому модель бою окремого бійця¹³. У результаті розрахунків були отримані вирази:

– математичне сподівання кількості знищених бійців диверсійно-розвідувальної групи $N_{зн}(t)$ однією особою пошукової групи:

$$N_{зн}(t) = P_{зн}^{n.зр.} \cdot \eta_{ек}(t), \quad (3)$$

де $P_{зн}^{n.зр.}$ – ймовірність знищення бійця ТДГ однією особою пошукової групи; $\eta_{ек}(t)$ – кількість вогневих контактів;

– математичне сподівання $N_{втрат}^{дрз}(t)$ числа втрат диверсійно-розвідувальної групи:

$$N_{втрат}^{дрз}(t) = N_{зн}(t) \cdot N_{о/с}^{n.зр.}, \quad (4)$$

де $N_{о/с}^{n.зр.}$ – чисельність особового складу пошукової групи.

– математичне сподівання $N_{втрат}^{n.зр.}(t)$ кількості втрат пошукової групи:

$$N_{втрат}^{n.зр.}(t) = P_{10}(t) \cdot N_{о/с}^{n.зр.}, \quad (5)$$

де $P_{10}(t)$ – ймовірність поразки особи пошукової групи.

У разі виявлення диверсійно-розвідувальної групи особовий склад пошукової групи повинен знищити ДРГ або поразити певну кількість бійців, у разі чого ДРГ стане небоєздатною. Для цього в пошуковій групі необхідно мати відповідну чисельність особового складу. Тому, використовуючи вираз (4), знаходиться чисельність $N_{о/с}^{n.зн}$ особового складу, яка необхідна для знищення виявленої ДРГ:

$$N_{втрат}^{дрз}(N_{о/с}^{n.зн}) = N_{зн}(t) \cdot N_{о/с}^{n.зр.} \rightarrow N_{о/с}^{n.зн}. \quad (6)$$

Однак до прибуття необхідної кількості особового складу від підрозділу охорони, яка потрібна для знищення ДРГ, пошукова група

¹³ Городнов В.П. Математичне моделювання службово-бойових дій Національної гвардії : підручник. Харків : НА НГУ, 2016. 256 с.

повинна бути боєздатною. Тому, використовуючи формулу (5) з покрововим розрахунком математичного сподівання $N_{втрат}^{n.зр}(t)$ кількості втрат пошукової групи до моменту досягнення кількісної оцінки втрат $N_{втрат}^{n.зр}(t)$ особового складу, ПГ порогу часткової боєздатності:

$$N_{втрат}^{n.зр} = \begin{cases} N_{втрат}^{n.зр} \leq 0,2 - \text{боєздатна ПГ}; \\ 0,2 < N_{втрат}^{n.зр} \leq 0,5 - \text{обмежено боєздатна ПГ}; \\ 0,5 < N_{втрат}^{n.зр} < 0,7 - \text{частково боєздатна ПГ}; \\ N_{втрат}^{n.зр} \geq 0,7 - \text{не боєздатна ПГ}, \end{cases} \quad (7)$$

знаходиться мінімальна чисельність $N_{о/с}^{n.зр.min}$ особового складу однієї пошукової групи, який може бути боєздатним до прибуття підсилення (резерву):

$$N_{втрат}^{n.зр}(N_{о/с}^{n.зр.min}) = P_{10}(t) \cdot N_{о/с}^{n.зр.min} \rightarrow N_{о/с}^{n.зр.min} \quad (8)$$

Особовий склад підсилення (резерву) разом з особовим складом пошукової групи, до якого він прибуває на допомогу, повинен виконати завдання із затримання або знищення ДРГ і у разі виконання цього завдання загальна чисельність особового складу має бути не нижчою за значення $N_{о/с}^{н.зн}$ (6). Тому чисельність особового складу підсилення (резерву) $N_{о/с}^{рез.}$ знайдемо за виразом:

$$N_{о/с}^{рез.} = N_{о/с}^{н.зн} - N_{о/с}^{n.зр.min} \quad (9)$$

Загальна чисельність $N_{пош}$ особового складу, яка необхідна для ведення пошуку диверсійно-розвідувальної групи за межами об'єкта, знаходиться за виразом:

$$N_{пош} = (\eta_{н.зр} \cdot N_{о/с}^{н.зр.}) + N_{о/с}^{рез.}, \quad (10)$$

де $\eta_{н.зр}$ – необхідна кількість ПГ для ведення пошуку ДРГ; $N_{о/с}^{н.зр.}$ – кількість особового складу, що входить до складу однієї пошукової групи; $N_{о/с}^{рез.}$ – чисельність особового складу, що входить до складу резерву.

2. Модель визначення чисельності особового складу, необхідного для боротьби з малорозмірними безпілотними літальними апаратами, під час охорони об'єкта критичної інфраструктури

Швидкий розвиток у створенні малорозмірних безпілотних літальних апаратів невійськового призначення та легкодоступність їх придбання створює можливість застосування БПЛА диверсійно-розвідувальною групою у своїх цілях щодо об'єктів критичної інфраструктури, а саме для проведення розвідки території або пошкодження їх життєво важливих центрів.

Особовий склад підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури під час виконання своїх обов'язків не повинен допустити проведення розвідки дорученого йому об'єкта або будь-яких проявів диверсії, у тому числі із використанням безпілотних літальних апаратів. З цією метою вказаному підрозділу необхідно мати свою систему протидії безпілотним літальним апаратам, яка повинна забезпечувати:

- своєчасне виявлення безпілотних літальних апаратів;

- знешкодження БПЛА шляхом його знищення засобами протиповітряної оборони або виведення зі строю за допомогою засобу придушення каналів управління (виведення зі строю).

Відповідно до гіпотез та допущень, що були введені під час проведення дослідження, малорозмірний безпілотний літальний апарат може використовуватися диверсійно-розвідувальною групою з метою проведення розвідки території об'єкта або нанесення пошкодження життєво важливих центрів об'єкта такими способами:

- скидання підривного пристрою на ціль;

- попадання безпосередньо БПЛА, на якому закріплена вибухівка, прямо в ціль;

- застосування бортової зброї, дальність $R_{б.збр.}$, дія якої може залежати від типу зброї та від висоти $h_{бпЛА}$ польоту БПЛА в момент її запуску.

Завданням системи протидії безпілотним літальним апаратам підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури є недопущення проведення розвідки території дорученого об'єкта та ураження життєво важливих центрів цього об'єкта. Об'єктом системи протидії безпілотним літальним апаратам підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури є увесь простір над територією об'єкта, межею якого є дальність $R_{б.збр.} = f(h_{бпЛА})$ дії бортової зброї. У разі проходження БПЛА вказаної межі необхідно вважати, що система протидії безпілотним літальним апаратам не виконала свої функції. Межу дальності запуску ракети, якою може бути оснащений БПЛА, опишемо за допомогою відомої теореми Піфагора, а саме:

$$R_{збр.} = \sqrt{R_{max}^2 - h_{бпЛА}^2}, \quad (11)$$

де $R_{\text{гор.}}$ – горизонтальна дальність польоту керованої ракети, яка оснащена на БПЛА; R_{max} – максимальна похила дальність дії бортової зброї, яка оснащена на БПЛА; $h_{\text{бпЛА}}$ – висота польоту БПЛА.

Межа, яка описана максимальною похилою дальністю дії бортової зброї, яка оснащена на БПЛА, відповідає межі невиконання своїх функцій системи протидії БПЛА.

Мінімальна дальність $R_{\text{виявл}}^{\text{min}}$ виявлення безпілотного літального апарату повинна бути більшою за межу невиконання своїх функцій системи протидії БПЛА на відстань, яку безпілотний літальний апарат зможе подолати на середній швидкості $v_{\text{бпЛА}}$ за час, який витрачається на підготовку засобу протиповітряної оборони до стрільби та знищення цілі. Визначену мінімальну дальність виявлення БПЛА можна знайти за формулою:

$$R_{\text{виявл}}^{\text{min}} = R_{\text{б.збр.}} + v_{\text{бпЛА}} \cdot (t_{\text{підг.}} + t_{\text{зн}}), \quad (12)$$

де $R_{\text{б.збр.}}$ – дальність межі невиконання своїх функцій системи протидії БПЛА; $t_{\text{підг.}}$ – час для приведення у бойову готовність засобу протиповітряної оборони та пошуку цілі; $t_{\text{зн}}$ – час польоту ракети (кулі) до межі невиконання своїх функцій системи протидії БПЛА.

Натепер є прилад “AeroScore”, який може використовуватися підрозділами охорони об’єктів критичної інфраструктури для виявлення квадрокоптерів серій: PHANTOMTM, INSPIRETM, MAVICTM та SPARKTM. Однак бійцями диверсійно-розвідувальної групи можуть використовуватися квадрокоптери інших серій або безпілотні літальні апарати. Тому паралельно необхідно використовувати інший спосіб виявлення БПЛА, а саме вести спостереження за повітряним простором над територією об’єкта за допомогою спостережних постів, особовий склад яких може бути оснащений оптичними та оптико-електронними засобами. Під час спостереження за повітряним простором людина може охопити поле зору до 180° , але у разі застосування оптичних приладів поле зору зменшується. Тому з огляду на технічні характеристики оптичних приладів, якими можуть оснащуватися спостережні пости, знайдемо мінімальну кількість $\eta_{\text{сп.п}}$ спостережних постів:

$$\eta_{\text{сп.п}} = \left\lceil \frac{360}{\alpha_{\text{п.з}}} \right\rceil, \quad (13)$$

де $\alpha_{n,z}$ – кут поля зору оптичного приладу, яким оснащені спостережні пости.

Крім того, відповідно до технічних характеристик кожен оптичний прилад має максимальні дальності виявлення об'єктів на горизонтальній рівній поверхні. Однак у зоні відповідальності підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури можуть бути різні типи (рівнинний, горбистий, гірський) рельєфу місцевості, які впливатимуть на зменшення максимальної дальності виявлення об'єктів оптичними приладами. При цьому у секторах спостереження кожного спостережного поста також може бути свій тип рельєфу місцевості. Визначений вплив рельєфу місцевості виразимо через коефіцієнт k^{rel} зменшення дальності виявлення з урахуванням впливу рельєфу місцевості у відповідності до висоти польоту безпілотного літального апарату, який (коефіцієнт) визначається за допомогою табличних даних. Тоді значення дальностей $R_{ij}^{виявл}$ виявлення БПЛА за напрямками (j) азимута кута з певним кроком у секторі спостереження кожного i -го спостережного поста, знаходиться:

$$R_{ij}^{виявл} = R_{виявл}^{max} \cdot k_{ij}^{rel}, (i = \overline{1, n_{сп.л}}; j = \overline{1, \psi_i}), \quad (14)$$

де $R_{виявл}^{max}$ – дальність видимості об'єкта відповідно до ТТХ оптичного приладу; $n_{сп.л}$ – кількість спостережних постів; ψ_i – кількість напрямів за азимутом кута у секторі спостереження i -го СП.

З огляду на той факт, що у разі проведення досліджень бажано розглядати гірший варіант, то для подальших розрахунків вибирається мінімальне значення дальності $R_{виявл}^{min}$ виявлення БПЛА особовим складом спостережного поста з отриманих значень $R_{ij}^{виявл}$:

$$R_{виявл}^{min} = \min_{\forall j} \{ R_{ij}^{виявл} \}, (j = \overline{1, \psi_i}; i = \overline{1, n_{сп.л}}), \quad (15)$$

Виявлення безпілотних літальних апаратів здійснюється навколо об'єкта, тому спостережні пости, з мінімальними дальностями $R_{виявл}^{min}$ виявлення БПЛА, створюють зону виявлення БПЛА особовим складом СП, площу $Z_{виявл}^{сп.л}$ якої (зони) знайдено за виразом:

$$Z_{виявл}^{сп.л} = \sum_{i=1}^{n_{сп.л}} \pi \cdot \frac{\alpha_i^{c.сп}}{360^\circ} \cdot R_{виявл}^{min}{}^2, \quad (16)$$

де $n_{сп.л}$ – кількість спостережних постів; $\alpha_i^{c.сп}$ – кут сектору спостереження i -го СП.

Свою чергою площу $Z_{з.виявл}^{необх}$ зони виявлення, необхідної для забезпечення часу на приведення у бойову готовність засобів протиповітряної оборони, пошуку цілі та на знищення БПЛА (необхідної зони виявлення), можна представити колом з радіусом, який відповідає необхідній дальності $R_{виявл}^{необх}$ виявлення БПЛА:

$$Z_{з.виявл}^{необх} = \pi \cdot R_{виявл}^{необх2}. \quad (17)$$

Ймовірність $P_{виявл}^{бпла}$ виявлення БПЛА спостережними постами знаходиться за формулою:

$$P_{виявл}^{бпла} = 1 - (1 - P_{виявл}^{mtx})^{\frac{N_{сп.п}}{Z_{з.виявл}^{необх}}}, \quad (18)$$

де $P_{виявл}^{mtx}$ – ймовірність виявлення цілі, для якої визначена дальність виявлення відповідно до тактико-технічних характеристик оптико-електронного засобу.

Після виявлення безпілотного літального апарата здійснюється його знищення засобами протиповітряної оборони та/або засобами радіоелектронної боротьби.

Таким чином, чисельність особового складу для несення служби на спостережних постах $N_{о/с}^{сп.п}$, на засобах протиповітряної оборони $N_{о/с}^{зпто}$ та радіоелектронної боротьби $N_{о/с}^{реб}$ визначається за допомогою виразів:

$$N_{о/с}^{сп.п} = n_{о/с}^{1сп.п} \cdot \eta_{сп.п}, \quad (19)$$

$$N_{о/с}^{зпто} = n_{о/с}^{1зпто} \cdot \eta_{зпто}, \quad (20)$$

$$N_{о/с}^{реб} = n_{о/с}^{1реб} \cdot \eta_{реб}, \quad (21)$$

де $n_{о/с}^{1сп.п}$ – чисельність особового складу одного спостережного поста; $\eta_{сп.п}$ – кількість спостережних постів; $n_{о/с}^{1зпто}$ – чисельність особового складу, яка необхідна для забезпечення несення служби одного ЗПО; $\eta_{зпто}$ – кількість ЗПО; $n_{о/с}^{1реб}$ – чисельність особового складу, яка необхідна для забезпечення несення служби одного засобу РЕБ; $\eta_{реб}$ – кількість засобів РЕБ.

Чисельність $N_{с.пр}$ особового складу для забезпечення несення служби на всіх елементах системи протидії БПЛА підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури знаходиться сумою кількості військовослужбовців, які потрібні для забезпечення несення служби на

спостережних постах, засобах протиповітряної оборони та на засобах радіоелектронної боротьби:

$$N_{c.np} = N_{o/c}^{cn.n} + N_{o/c}^{zno} + N_{o/c}^{peb}. \quad (22)$$

3. Модель прогнозування можливостей підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури

Під можливостями підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури розуміється здатність цього підрозділу виконати свої функції в певних умовах обстановки та наявними силами. Тобто якщо чисельність визначеного підрозділу буде достатньою для виконання своїх функцій у певних умовах обстановки, то можна стверджувати про вирішуваність основних завдань за призначенням. У разі недостатньої кількості особового складу підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури виконання функцій може виявитися недосяжним. Тому з метою оцінювання можливостей підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури необхідно порівняти наявну чисельність особового складу визначеного підрозділу з чисельністю особового складу, яка необхідна для виконання завдань у конкретний період. Це можна виконати за допомогою показника Ω можливостей підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури, який знаходиться шляхом співвідношення чисельності особового складу $N_{n.ox}^{спис}$, яка є за списком, до чисельності $N_{n.ox}^{необх}$, яка необхідна для виконання завдань у конкретний період:

$$\Omega = \frac{N_{n.ox}^{спис}}{N_{n.ox}^{необх}}. \quad (23)$$

Для того щоб поставлені завдання були виконані в повному обсязі, списочна чисельність $N_{n.ox}^{спис}$ особового складу підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури повинна бути більшою або відповідати чисельності $N_{n.ox}^{необх}$, яка необхідна для виконання завдань у конкретний період. Відповідно, критерієм кількісної оцінки можливостей підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури буде такий вираз:

$$\Omega = \frac{N_{n.ox}^{спис}}{N_{n.ox}^{необх}} \geq 1. \quad (24)$$

Підрозділ охорони об'єкта критичної інфраструктури – варта, до якої входять: начальник варти та його помічники; розвідний;

начальники КПП; чатові постів (добових, півдобових); вартові групи реагування; чатовий-оператор технічних засобів охорони; вартовий оглядової групи; механік зв'язку та сигналізації; водії транспортних засобів; кухар; опалювач; інструктор службових собак та інші.

Короткий змістовий опис процесу охорони об'єкта вартою, введення позначень та побудова моделі розрахунку обсягу служби варти виглядає так:

а) кількість посадових осіб варти визначається під час її створення. На визначені посади можуть призначатися особи, які несуть службу одноосібно:

– кількість посад осіб варти (пост посадових осіб варти) – $Kd.n.c. = P_{no.6}^{n.c.}$;

– кількість особового складу для несення служби на посадах осіб варти D_i (i – число, що відповідає номеру посади особи варти, $i = 1, \dots, K_d$);

– час перебування кожної посадової особи у варті однакова і рівна t_{D_i} ;

– обсяг служби посадових осіб у межах однієї варти:

$$V_{Kd} = \sum_{i=1}^{K_d} D_i \cdot t_{D_i}, [\text{люд.} / \text{год.}] \quad (25)$$

де V_{Kd} – обсяг служби посадових осіб у межах однієї варти; D_i – кількість особового складу для несення служби на посадах осіб варти, $i = 1, \dots, K_d$; t_{D_i} – час перебування кожної посадової особи у варті;

б) пости, відповідно до керівних документів, є постійними (добовими) та тимчасовими (півдобовими). Посадові особи варти визначаються як ще один пост з номером (j) типу ($j=P$): 1) постійний (добовий); 2) тимчасовий (півдобовий); 3) пост посадових осіб варти.

Тоді загальна кількість постів N_{nocm} у варті знаходиться за формулою:

$$N_{nocm} = \sum_{j=1}^P p_j, \quad (26)$$

де p_j – загальна кількість постів j типу (j – номер типу поста); P – загальна кількість постів усіх типів j .

в) номер поста всередині постів j типу – m ($m = 1, \dots, p_j$; $j = 1, \dots, P$);

г) кількість вартових, яка необхідна на m пост j типу – $r_{j,m}$ ($m = 1, \dots, p_j$; $j = 1, \dots, P$);

г) час перебування кожного вартового на m поста j типу у варті однакова і рівна $t_{j,m}$. ($m=1,\dots,P_j$; $j=1,\dots,P$);

д) обсяг служби $V_{j,m}$ одного m поста j типу в межах однієї варті:

$$V_{j,m} = r_{j,m} \cdot t_{j,m}. \quad (27)$$

е) обсяг служби всіх постів j типу в межах однієї варті:

$$V_j = \sum_{m=1}^{P_j} V_{j,m}. \quad (28)$$

є) обсяг служби всіх N постів P типу в межах однієї варті:

$$V_P = \sum_{j=1}^P V_j = \sum_{j=1}^P \sum_{m=1}^{P_j} V_{j,m} = \sum_{j=1}^P \sum_{m=1}^{P_j} r_{j,m} \cdot t_{j,m}, \quad (29)$$

де V_P – обсяг служби всіх N постів P типу в межах однієї варті; $V_{j,m}$ – обсяг служби одного m поста j типу в межах однієї варті ($m=1,\dots,P_{j,n.c}$; $j=1,\dots,P$); $r_{j,m}$ – кількість вартових, яка необхідна на m пост j типу; $t_{j,m}$ – час перебування кожного вартового m поста j типу у варті.

Одиницею виміру працевитрат прийнятий «добовий пост». За допомогою вибраної одиниці виміру оцінка підсумкового обсягу трудовитрат буде збігатися із середньою кількістю $N_{\text{вару}}$ особового складу варті, яка необхідна для охорони дорученого об'єкта критичної інфраструктури. Для цього обсяг служби V_P у межах однієї варті поділимо на кількість годин $t_{\text{доб}}$ у добі:

$$N_{\text{вару}} = \frac{V_P}{t_{\text{доб}}}. \quad (30)$$

З огляду на чисельність $N_{\text{поши}}$ особового складу, яка необхідна для ведення пошуку диверсійно-розвідувальної групи за межами об'єкта критичної інфраструктури, та чисельність $N_{\text{с.пр}}$ особового складу для забезпечення несення служби на всіх елементах системи протидії БПЛА, знайдемо чисельності $N_{\text{п.ох}}^{\text{необх}}$ підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури, яка необхідна для виконання завдань у конкретний період, а саме у разі протидії диверсії:

$$N_{\text{п.ох}}^{\text{необх}} = N_{\text{вару}} + N_{\text{поши}} + N_{\text{с.пр}}. \quad (31)$$

Отримавши оціночні показники чисельності $N_{n.ox}^{необх}$ підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури, яка необхідна для виконання завдань у конкретний період, здійснюються прогнозування можливостей визначеного підрозділу за формулою (24). Якщо вимоги вказаної формули виконуються, то можна вважати, що підрозділ охорони у разі протидії диверсії зможе виконати свої функції. Якщо вимога не виконується, то експерти, які виконували визначене прогнозування, вносять відповідні пропозиції органам управління у сфері державної безпеки.

ВИСНОВКИ

Таким чином, розроблені моделі дозволяють за допомогою вибраних показника та критерію спрогнозувати можливості підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури щодо протидії диверсії. Наукова новизна сукупності цих моделей полягає у забезпеченні отримання оцінок для прогнозування можливостей підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури щодо протидії диверсії з одночасним врахуванням: особливостей несення служби на вказаному об'єкті; виконання завдань з виявлення та знешкодження диверсійно-розвідувальної групи на території відповідальності підрозділу охорони; загроз, які можуть бути здійснені з використанням малорозмірних безпілотних літальних апаратів. Використання цих моделей дає змогу приймати більш обґрунтовані рішення щодо організації охорони об'єкта критичної інфраструктури та визначення необхідної чисельності особового складу підрозділів охорони цих об'єктів у процесі виконання заходів у системі державного управління у сфері державної безпеки.

АНОТАЦІЯ

Відповідно до Зеленої книги до критичних інфраструктур належать особливо важливі об'єкти та радіаційно небезпечні об'єкти, для яких розробляється об'єктова проектна загроза. Одним із напрямів державного управління у сфері державної безпеки є оцінка протидії диверсіям на об'єктах критичної інфраструктури. Натепер є низка нових загроз щодо об'єктів критичної інфраструктури. Це такі як: підрив об'єктів життєзабезпечення за межами цих об'єктів, ураження вразливих технологічних систем об'єктів за допомогою використання малорозмірних безпілотних літальних апаратів та інше. Однак наявна теоретична база не дозволяє здійснити прогнозування можливостей підрозділу охорони об'єкта критичної інфраструктури з протидії диверсіям у повному обсязі, в тому числі з урахуванням визначених загроз. Тому виникає необхідність у розробленні моделей, які б

дозволяли прогнозувати можливості підрозділів охорони об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням визначених загроз. Розроблено три моделі, сукупність яких дає змогу приймати більш обґрунтовані рішення щодо організації охорони об'єкта критичної інфраструктури та визначення необхідної чисельності особового складу підрозділів охорони цих об'єктів у процесі виконання заходів у системі державного управління у сфері державної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітична доповідь до Щорічного Послання Президента України до Верховної Ради України «Про внутрішнє та зовнішнє становище України в 2018 році». Київ : НІСД, 2019. 688 с.

2. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні : аналітична доповідь / Д.С. Бірюков та ін. Київ : НІСД, 2015. 35 с.

3. Кириченко І.О., Горелишев С.А., Побережний А.А. Технологічні основи інформаційно-аналітичного забезпечення службово-бойової діяльності сил охорони правопорядку : монографія. Харків : Академія внутрішніх військ МВС України, 2013. 291 с.

4. Гриненко В.А. Общій подход к описанию параметров модели нарушителя. *Спецтехника и связь*. 2011. № 1. С. 23–25.

5. Степанов Б.П., Годових А.В. Основы проектирования систем физической защиты ядерных объектов : учебное пособие. Томск : Томский политехнический институт, 2009. 118 с.

6. Леус А.В. Математическая модель оценки эффективности систем физической защиты. *T-Comm – Телекоммуникации и транспорт*. 2018. № 6. С. 46–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/matematicheskaya-model-otsenki-effektivnosti-sistem-fizicheskoy-zaschity> (дата звернення: 10.12.2020).

7. Радаев Н.В. Приближённые оценки защищенности объектов от террористических действий. *Безопасность. Достоверность. Информация*. 2007. № 3 (72). С. 28–32.

8. Зенов А.Ю. Комплексный подход к обнаружению, классификации и распознаванию нарушителя на охраняемой территории. *Технические науки. Информатика, вычислительная техника*. 2012. № 2(22). С. 23–32.

9. Боровский А.С. Приближённая оценка защищенности потенциально опасных объектов. *Програмные продукты и системы*. 2013. № 3. С. 235–243.

10. Wadoud A.A., Adail A.S., Saleh A.A. Physical protection evaluation process for nuclear facility via sabotage scenarios. *Alexandria Engineering Journal*. 2018. No. 57. P. 831–839.

11. Mansour A.E., Wadoud A.A., Evaluation and upgrading of physical protection system of a hypothetical nuclear facility sabotage threat, in: *Ninth International Conference, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Nasr City, Cairo, Egypt, 2007.*

12. Williams J.D. Physical Protection System Design and Evaluation, *IAEA-CN-68/29, Vienna, 10–12 November 1997.*

13. Городнов В.П. Математичне моделювання службово-бойових дій Національної гвардії : підручник. Харків : НА НГУ, 2016. 256 с.

Information about the authors:

Sukonko S. M.,

Doctor of Philosophy,

Associate Professor at the Department of Tactical Special Training

National Academy of the National Guard of Ukraine

3, Zakhysnykiv Ukrainy sq., Kharkiv, 61001, Ukraine

Chepel M. O.,

Doctor of Philosophy,

Senior Instructor at the Department of the Social and Humanities Subjects

National Academy of the National Guard of Ukraine

3, Zakhysnykiv Ukrainy sq., Kharkiv, 61001, Ukraine