

$$r_{avr} = \frac{1}{N} \sum_{t=2}^N r_t .$$

Таким чином, встановлено що коефіцієнт змін для надходжень дорівнює 3,65%, а коефіцієнт змін для витрат дорівнює 3,56%. Ці значення ми використали для побудови прогнозу, скориставшись формулами:

$$E_{1t} = E_{t-1} \times (1 - 0,0365), \quad E_{2t} = E_{t-1} \times (1 + 0,0356).$$

Результати прогнозують що громадська організація може зіштовхнутися з дефіцитом бюджету у розмірі 756, 081 грн. в кінці року. Тому для забезпечення фінансової стійкості потрібно зосередити увагу на змінах фінансової стратегії для досягнення бажаного результату.

### Висновки

Вивчення фінансової стійкості волонтерських організацій та благодійних фондів за допомогою математичних методів моделювання є перспективним напрямом економічних та математичних досліджень. Потенційна користь застосування математичних методів аналізу призведе до значного зростання стабільності неформальних інститутів і як наслідок збільшенню їх соціальної та економічної значущості.

### Список використаних джерел:

1. Волонтерство та псевдоволонтерство в Україні: новий погляд крізь призму неформальних інститутів URL: <https://doi.org/10.53317/2786-4774-2024-1-2>
2. Роль економетричних моделей в прогнозуванні економічних показників URL: <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=25665.pdf> (Last accessed: 20.03.2025).

### УДК 519.21

## РОЗРАХУНОК ЙМОВІРНОСТІ УРАЖЕННЯ ЦІЛІ СИСТЕМОЮ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

**Поривай Валерія, Соколенко Діана**

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ*

*Науковий керівник – Ірина Шевченко, к.е.н., доц.*

Ключові слова: ймовірність, нормальний розподіл випадкової величини, протиповітряна оборона, ціль ураження.

Під час повномасштабного вторгнення в Україну системи протиповітряної оборони (ППО) відіграють ключову роль у захисті військових об'єктів, критичної та цивільної інфраструктури. Ймовірність влучення систем ППО у цілі має безпосередній вплив на ефективність планування та застосування захисних заходів. Дослідження у цій сфері сприятимуть підвищенню надійності систем ППО, знижуючи ризики для цивільного населення та збереження критичних об'єктів.

Три роки поспіль серйозною проблемою для сил оборони ЗСУ є ударні безпілотні літальні апарати (БПЛА) типу «Shahed-136», що здатні виконувати бойові та розвідувальні завдання противника. Вони не можуть змінити тактичну ситуацію в зоні бойових дій, але дійсно мають серйозну загрозу для ЗСУ, критичної інфраструктури та цивільного населення, оскільки «Shahed-136» має серйозну бойову частину, і в цьому його головна загроза [1].

За словами речника ПС в Україні більшість ворожих БПЛА збивають мобільні вогневі групи з зенітних установок різних типів та великокаліберних кулеметів [2]. Для ефективної бойової роботи мобільних груп важливо підвищити ймовірність ураження цілі, враховуючи багато факторів, зокрема технічні характеристики БПЛА і систем ППО, рельєфність місцевості, кваліфікацію бійців, погодні умови тощо.

Для проведення розрахунків ймовірності ураження цілі системами ППО, зокрема, зенітними установками, розглянемо деякі тактико-технічні характеристики БПЛА типу «Shahed-136» (табл. 1) і гармати зенітної системи ППО Skyranger 30 HEL (табл. 2) [3, 4].

Таблиця 1

**Тактико-технічні характеристики БПЛА типу «Shahed-136»**

Дальність польоту	до 1500 км
Висота польоту ( $h$ )	від 60 до 4000 м
Швидкість польоту ( $V_B$ )	близько 180 км/год (50м/с)

Таблиця 2

**Тактико-технічні характеристики гармати зенітної системи ППО Skyranger 30 HEL**

Номинальна скорострільність	1200 постр/хв.
Швидкострільність одиночного пострілу	200 постр/хв.
Середня початкова швидкість $V_C$	1075 м/с
Радіус ураження або розкид попадань ( $r$ )	200 м

Припустимо, що промах або похибка наведення мають нормальний розподіл  $N(0, \sigma^2)$ , тоді ймовірність влучання в ціль залежить від того, яка частина нормального розподілу припадає на радіус ефективного ураження снаряда  $r$  – зона, в якій вибух снаряда може вивести ціль з ладу. Якщо БПЛА не маневрує активно, то ймовірність влучання дорівнює:

$$P = \Phi\left(\frac{r}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{-r}{\sigma}\right), \text{ де } \Phi(x) \text{ – функція Лапласа.}$$

Для заданих характеристик радіус ураження осколками 200 м, а можливий промах через похибку наведення також прийемо за 200 м, і ймовірність влучення в ціль або ймовірність того, що безпілотник потрапить в зону ураження:

$$P = \Phi\left(\frac{200}{200}\right) - \Phi\left(\frac{-200}{200}\right) = \Phi(1) + \Phi(1) = 2\Phi(1) = 2 \cdot 0,3413 = 0,6826.$$

З урахуванням випадкового розподілу похибки наведення ймовірність ураження становить приблизно 68,3%. Якщо безпілотник маневрує (змінює швидкість чи напрямок), то при розрахунку ймовірності влучення в нього потрібно врахувати переміщення БПЛА за час польоту снаряда, що ускладнює розрахунок, і, зрозуміло, ймовірність влучання зменшиться.

**Висновок**

У тезах розглянуто проблему підвищення надійності систем ППО, наведено основні параметри, що впливають на ймовірність ураження повітряних цілей засобами протиповітряної оборони. Отримані результати засвідчують, що розрахунок ймовірності ураження є ключовим елементом у забезпеченні ефективності

функціонування систем ППО в умовах сучасного збройного конфлікту. Врахування таких параметрів, як швидкість, висота польоту, маса та конструкційні особливості цілі, дозволяє підвищити точність ураження та зменшити ризики для військової та цивільної інфраструктури. Представлений аналіз має прикладне значення для удосконалення алгоритмів бойового застосування засобів протиповітряної оборони.

#### Список використаних джерел:

1. Чим небезпечні Shahed-136 на фронті та які цілі не здатні уражити. URL: [https:// fakty.com.ua/ua/ukraine/20221016-chym-nebezpechni-shahed-136-na-fronti-ta-yaki-czili-ne-zdatni-urazyty/](https://fakty.com.ua/ua/ukraine/20221016-chym-nebezpechni-shahed-136-na-fronti-ta-yaki-czili-ne-zdatni-urazyty/)
2. Як Україна збиває "Шахеда": Ігнат описав ефективну роботу мобільних вогневих груп. URL: <https://tsn.ua/ato/yak-ukrayina-zbivaye-shahedi-ignat-opisav-efektivnu-robotu-mobilnih-vognevih-grup-2476567.html>
3. Рекомендації підрозділам щодо боротьби з безпілотними літальними апаратами "КАМІКАДЗЕ" "SHAHED-136" ("ГЕРАНЬ-2"). URL: [https://sprotyvg7.com.ua/lesson/\\_ rekomendacii-pidrozdilam-shhodo-borotbi-z-bezpilotnimi-litalnimi-aparatami-kamikadze-shahed-136-geran-2](https://sprotyvg7.com.ua/lesson/_ rekomendacii-pidrozdilam-shhodo-borotbi-z-bezpilotnimi-litalnimi-aparatami-kamikadze-shahed-136-geran-2)
4. Зенітна система ППО Skyranger 30 HEL: німецький небесний рейнджер, що повне за повітряними цілями. URL: <https://armyinform.com.ua/2023/03/08/zenitna-systema-ppo-skyranger-30-hel-nimeczkyj-nebesnyj-rejndzher-shho-polyuye-za-povitryanymy-czilyamy/>

УДК 656.7.052

## АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛЮДИНОЮ-ОПЕРАТОРОМ АЕРОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

**Руслан Мурадов**

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ*

*Науковий керівник - Тетяна Левковська, ст.викладач*

*Ключові слова:* аеронавігаційна система, людина, оператор, модель, прийняття рішень.

В сучасному світі авіаційної техніки та технологій, ефективність та безпека польотів значною мірою залежать від якості прийняття рішень операторами аеронавігаційних систем та чітко визначених алгоритмах дій, які викладено в нормативних та регулюючих документах. Ці алгоритми служать основою для моделювання дій людини-оператора, особливо у випадках виникнення особливих випадків у польоті [1]. Для формалізації поведінкової діяльності Л-О АНС в позаштатних ситуаціях та моделювання відповідного розвитку польотної ситуації зручними є моделі у вигляді стохастичної мережі типу GERT, які дозволяють моделювати розвиток польотної ситуації в бік ускладнення і навпаки [2].

В умовах стохастичної невизначеності, коли кожна альтернатива  $A_i$  пов'язана з множиною можливих наслідків  $u_j$ , причому кожному наслідку відповідає ймовірність виникнення  $p_j$ , послідовність дій оператора доцільно відображати з позицій системного підходу у вигляді дерева рішень [3]. Ризик у випадку сумісного ПР операторами АНС в ОВП знаходиться за формулою:

$$R_m = F_m(t_m; \{A\}; \{a\}; \{u\}; \{p\}) = t_m \sum_{k=1}^n (p_k u_k + a_k),$$
 де  $R_m < R_{m-1}$  або  $R_m > R_{m-1}$ ,  $t$  – час етапу ПР;  $A$  – вимушена

посадка з прямим/зворотним курсом;  $a$  – зсув ризику розвитку ОВП відповідно до етапу ПР;  $p$  –