

# Математична модель запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру шляхом виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів радіаційними приладами з літальних апаратів

Михайло Дівізінюк <sup>\* A</sup>; Юрій Луценко <sup>B</sup>; Олег Мирошник <sup>B</sup>;  
Олег Бас <sup>B</sup>; Олександр Авраменко <sup>C</sup>

<sup>A</sup> Інститут геохімії та навколишнього середовища НАН України, пр-кт Академіка Палладина, 34а, м. Київ, 03142, Україна

<sup>B</sup> Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, 18034, Україна

<sup>C</sup> Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, пр-кт Воздухофлотский, 28, м. Київ, 03049, Україна

Received: August 1, 2020 | Revised: August 17, 2020 | Accepted: August 31, 2020

DOI: 10.33445/sds.2020.10.4.5

## Анотація

Робота присвячена вирішенню важливого наукового завдання у сфері цивільного захисту, яке полягає у запобіганні надзвичайних ситуацій терористичного характеру шляхом виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів радіаційними приладами застосованими на літальних апаратах. На основі експериментів проведених у Чорнобильській зоні визначено ділянки аномальних зон та екрануючі параметри транспортних засобів. Проаналізовано характеристики літальних апаратів, цифрових систем обробки і передачі інформації та досліджено організацію пошукової системи. Розроблені моделі виявлення дальності замаскованих вогневих і бронетанкових засобів та ймовірності виявлення замаскованого засобу одним або групою літальних апаратів. На основі отриманих результатів розроблена математична модель запобігання надзвичайних ситуацій терористичного характеру.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, математична модель, вогневі і бронетанкові засоби, радіаційні прилади, літальні апарати.

## Постановка проблеми

Напружена воєнно-політична ситуація, в умовах якої наша держава відстоює власну територіальну цілісність і суверенітет, характеризується значним зростанням рівня загроз вчинення терористичних актів і диверсійних операцій на території України [1; 2]. Відповідно, одним із основних напрямів державної політики України у сфері цивільного захисту є формування та постійне вдосконалення системи захисту, запобігання надзвичайним ситуаціям (НС) терористичного характеру та ліквідації їх наслідків.

Уразливими, з точки зору терористичних дій, є об'єкти критичної інфраструктури

(енергетики, зв'язку, транспортних комунікацій тощо). З одного боку, виведення цих об'єктів з ладу перешкодить управлінню та погіршить життєдіяльність громадян, а з іншого – призведе до збоїв у роботі всієї інфраструктури держави. Головним засобом терористичного впливу на ці об'єкти є вогнева ударна дія, яка у відносно нетривалій проміжок часу забезпечує досягнення максимального терористичного ефекту. Прикладом такої ситуації є подія, що відбулася 14 липня 2014 р. у районі селища Петропавлівка Донецької області. Тоді вогневий засіб на гусеничній основі (самохідний зенітно-ракетний комплекс

\* Corresponding author: д.ф.-м.н., професор, завідувачий відділом, e-mail: divizinyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5657-2302

“Бук”) потай прибув на територію нашої держави і зробив терористичний акт. У результаті ударного вогневого впливу Бука був збитий Боїнг 777, що виконував рейс МН 117 із Нідерландів у Малайзію.

11 вересня 2001 року в США відбулася серія найстрашніших терактів в історії. Цього дня 19 бойовиків “Аль-Каїди” захопили чотири пасажирські літаки. Два з них вони направили в хмарочоси Всесвітнього торгового центру в Нью-Йорку, ще один літак влетів в будівлю Пентагону. Четвертий літак розбився в Пенсильванії. Внаслідок серії терактів загинули 2977 осіб.

На думку експертів [3], жоден сценарій

теракту не обходиться без використання транспортних засобів, при цьому вони можуть бути як засобом переміщення до місця проведення акції виконавцями, так і безпосередньо засобом її здійснення

Таким чином, створення дієвої системи захисту об’єктів критичної інфраструктури України є актуальним завданням, яке має вирішуватися в рамках загального реформування сектору безпеки і оборони з урахуванням усього існуючого спектра загроз та забезпечення взаємопов’язаності різних систем, що неможливо без застосування науково об’ґрунтованої методології.

## **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Проведені дослідження є підсумком рішення наукової проблеми щодо забезпечення безпеки небезпечних техногенних підприємств, якими є об’єкти, що охороняються критичної інфраструктури, а саме в необхідності створення моделей та методів для сучасних інформаційно-аналітичних систем об’єктів критичної інфраструктури.

Питанням попередження НС присвячені дослідження багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, серед яких: Б. В. Палюх, Ю. Ю. Гончаренко, І. В. Шостак, О. В. Азаренко.

## **Постановка завдання**

Головним науково-технічним завданням у сфері цивільного захисту є попередження НС терористичного характеру. Одним із аспектів його реалізації може стати розроблення моделі виявлення замаскованих бронетанкових засобів радіаційними приладами, застосованими на літальних апаратах, з використанням технологій обробки даних радіаційної розвідки. В основу аналізу процесу розвитку надзвичайної ситуації на об’єктах критичної інфраструктури покладено результати досліджень на радіаційно-забруднених територіях [11-13].

Метою даної роботи є розробка моделей виявлення замаскованих бронетанкових

їх роботи спрямовані на розробку систем захисту населення в умовах НС та розробку моделей і методів прогнозування НС на різного роду об’єктах. В той же час використання даних радіаційної розвідки для визначення замаскованих бронетанкових засобів не знаходило відображення у наукових літературних джерелах.

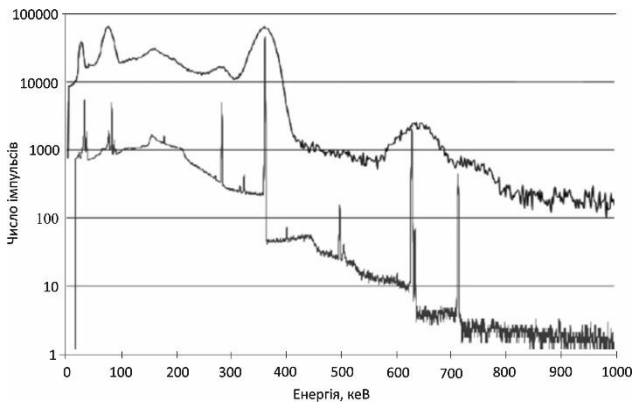
Результати та аналіз останніх досліджень і публікацій в зазначеній предметній області систематизовано і узагальнено в джерелах [5-10].

засобів радіаційними приладами з літальних апаратів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: дослідити утворення аномальних зон, які визначено приладами радіаційної розвідки; проаналізувати характеристики літальних апаратів, цифрових систем обробки і передачі інформації та дослідити організацію пошукової системи; розробити моделі виявлення дальності замаскованих вогневих і бронетанкових засобів та ймовірності виявлення замаскованого засобу одним або групою літальних апаратів.

## Виклад основного матеріалу

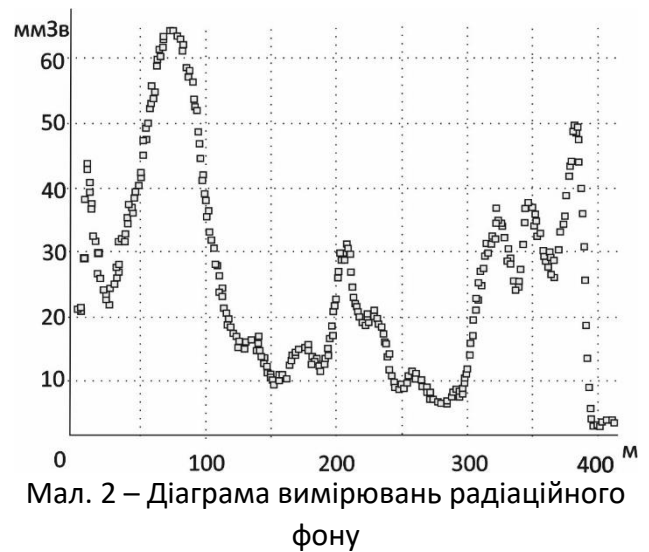
Обмежена зона на ділянці, в межах якої значення потужності дози гамма-випромінювання на поверхні ґрунту (огорожувальних конструкцій будівлі) в два або більше разів вище, ніж на решті території прийнято називати локальною радіаційною аномалією. Подібне визначення постійно використовується у побуті. Строго кажучи, це тільки одна сторона цього питання. Так само справедливо й інше твердження. Це може бути локальна ділянка, де навпаки, значення дози гамма випромінювання менше в два і більше рази ніж на прилеглий території. У роботі [14] представлені спектрограми, на яких є піки та провали (мал.1).



Мал. 1 – Спектри, отримані натрієвими (верхня діаграма) і германієвими детекторами при скануванні одного і того ж джерела

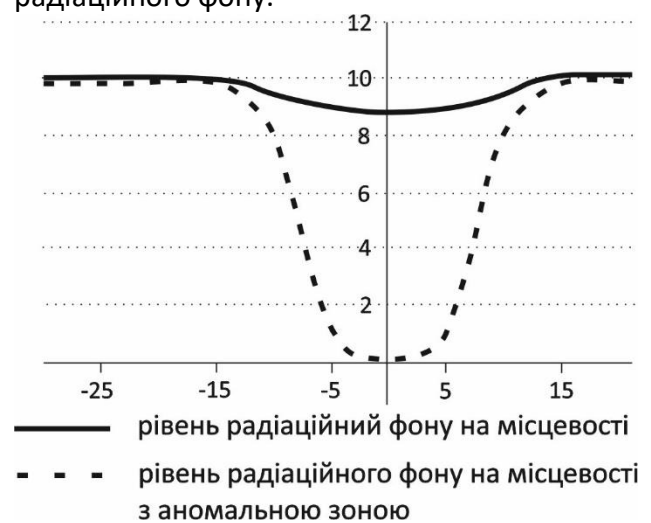
Подібна картина характерна не тільки для амплітудно-частотного спектра, а й для профілю, реєстрованого з літального апарату. Результати подібного профілю, як один з елементів польоту по вимірюванню радіаційного фону в Чорнобильській зоні, представлений на мал. 2.

На відстані 75 м, 210 м, 320 – 380 м від нульової позначки зареєстровані аномальні зони, які відрізняються найбільшими інтенсивностями випромінювання. На відстанях 150 м, 250 – 300 м і більше 400 м зареєстровані так само аномальні зони, але вони відрізняються, навпаки, в меншу сторону. Тут зареєстровані аномальні зони, які помітно контрастують в порівнянні з середніми значеннями радіаційного фону.



Мал. 2 – Діаграма вимірювань радіаційного фону

Розглянемо наступну ситуацію. Нехай є локальна ділянка території, досить великої площі, щоб її можна було обстежити з літального апарату. Припустимо, що на всій її площі рівень радіаційного фону однаковий. У разі, якщо порівняно невелику ділянку закрити спеціальним екрануючим покриттям, що зменшує інтенсивність радіаційного випромінювання, то над цим покриттям радіаційні прилади повинні зареєструвати аномальну зону (мал. 3), що відрізняється в меншу сторону від середніх значень радіаційного фону.



Мал. 3 – Діаграма аномальної зони

Ці теоретичні розрахунки були приведені для натрієвих (верхня лінія) і германієвих

(нижня лінія) детекторів. Вони показують, що чим менший час реєстрації детектора, тим контрастніший вигляд аномалії під час реєстрації.

Аномальні зони утворюються на екрануючих поверхнях серед яких можуть бути і автотранспортні. Розміри екрануючої поверхні транспортного засобу визначаються його габаритними розмірами. Для легкового автомобіля це 1,8 на 3,5–4 м, для вантажного – 2 на 4,5–6 м, для автобуса 2,2 на 6,5–10 м. Екрануючу поверхню так само мають танки і бронетранспортери, артилерійські і ракетні самохідні установки та інші засоби ударної дії. Причому, якщо екрануючі властивості автомобілів прийняти за одиницю, то подібні властивості бронетехніки перевищуватимуть в десятки і навіть сотні разів. З цієї причини виявляти засоби ударної дії можна за допомогою виявлення аномальних зон, що відрізняються негативними або нульовими значеннями радіаційного випромінювання.

Головною умовою реєстрації радіаційного випромінювання на приймальний пристрій є виконання співвідношення, в якому інтенсивність випромінювання в  $\delta$  разів перевищує інтенсивність перешкоди, що впливає на вхід цього ж приймача, тобто

$$I_c \geq \delta I_n, \quad (1)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт розпізнавання приймального пристрою, який визначається як мінімальне відношення інтенсивностей випромінювання і перешкоди на вході.

Радіаційне випромінювання поширюється по циліндричному і сферичному законам, які визначаються двома факторами: геометричними розмірами джерел випромінювання і відстанями, на які ці випромінювання поширюються. Якщо ці параметри співмірні, то працює циліндричний закон. Якщо відстань, на яку поширюється випромінювання, набагато більша, ніж розміри його джерела, то джерело вважається точковим, а поширення випромінювання відбувається по сферичному закону. Крім цього, внаслідок релаксаційних процесів, що відбуваються в

атмосфері, відбувається загасання випромінювання на величину  $\alpha$ , конкретне значення якої залежить від частоти випромінювання і деяких фізичних параметрів приземних шарів атмосфери.

Інтенсивність поширення сигналу випромінювання може бути збільшена на величину  $j_u$ , яка визначається спрямованою дією джерела, коли випромінювання буде поширюватися у півсфері, коефіцієнт концентрації джерела  $j_u$  буде дорівнювати 2. Аналогічним чином буде зменшений вплив перешкоди, який визначається коефіцієнтом концентрації  $j_{np}$  спрямованих дій детектора.

З урахуванням усього вищевикладеного, отримаємо співвідношення

$$\frac{P_c^2 j_u}{4\pi D^2} \cdot 10^{-0,1\alpha D} \geq \delta \frac{P_n^2}{j_{np}}. \quad (2)$$

Виконавши логарифмування і множення на 10 обох частин виразу (2) (переклад в децибельну форму), отримаємо

$$\begin{aligned} -\left(20\lg\left(\frac{D}{D_0}\right) + \alpha D + 10\lg 4\pi\right) &\geq 10\lg \delta + \\ +20\lg\left(\frac{P_n}{P_0}\right) - 20\lg\left(\frac{P_c}{P_0}\right) - 10\lg j_u - 10\lg j_{np}. & \end{aligned} \quad (3)$$

де  $D_0$  – нульовий рівень дистанції, рівний 1 м;  $P_0$  – поріг виявлення приймального пристрою.

Ліва частина виразу (3) є закономірністю спаду інтенсивності випромінювання у стандартній (однорідній і безмежній) атмосфері. Праву частину виразу (3) прийнято називати енергетичним потенціалом приймального пристрою (з коефіцієнтом спрямованої дії приймальної системи  $j$ ) по цілі (з наведеним значенням перешкод до смуги приймального пристрою  $P_c$ ) в конкретній обстановці перешкод (рівнем місцевого фону випромінювання у смузі приймального пристрою  $P_n$ ).

Найбільше значення дистанції  $D$ , при якій досягається рівність обох частин, є найбільшою дальністю виявлення сигналу радіаційного випромінювання.

Для пошуку аномалій із негативними або нульовими екстремумами ця залежність спрощується, і буде мати вигляд

$$D = f(P_{пр}, \delta, j_{пр}, \alpha) \quad (4)$$

де  $P_{пр}$  – середній рівень радіаційного фону району пошуку.

Отже, дальність виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів буде визначатися функціональною залежністю від середнього рівня радіаційного фону району пошуку, коефіцієнта розпізнавання радіаційного приладу виявлення, спрямованих властивостей його детектора та параметра загасання гамма випромінювання в атмосфері.

**Характеристики літальних апаратів і організація пошукової системи.** Будь-який літальний апарат, як автономний технічний засіб пошуку, має наступні характеристики [15]: висота і швидкість польоту, час перебування в повітрі, канал (система) виявлення і система управління і передачі даних.

Висота польоту характеризується максимальною, мінімальною та крейсерською висотою польоту. Мінімальна та максимальна висоти вказують відмітки в межах яких літальний апарат може рухатися та виконувати поставлене завдання. Крейсерська висота польоту – висота, на якій забезпечується, з одного боку, мінімальна витрата палива, а з іншого, досягається найбільша пошукова ефективність.

Швидкість польоту характеризується трьома значеннями:

– максимальною, яку може розвивати літальний апарат;

– мінімальною, при якій літальний апарат тримається в повітрі і зберігає свої маневрені параметри;

– крейсерську або пошукову швидкість, на якій забезпечується мінімальна витрата палива і досягається найбільша пошукова ефективність.

Час польоту залежить від перших двох характеристик, тому для його розрахунку необхідно приймати параметри висоти і швидкості, тобто:

1) час польоту на максимальній, мінімальній та пошуковій висоті;

2) час польоту максимальною, мінімальною та крейсерською швидкістю.

Каналом (системою) виявлення літального апарату є телевізійний або оптоелектронний канал, який забезпечує огляд певної частини простору через поточну фіксацію візуальних образів і відеозображень керованою телевізійною (оптоелектронною) системою і передачі їх по автоматизованих засобах зв'язку оператору спостереження. Керована телевізійна система забезпечує дискретний огляд всієї нижньої півсфери простору і 12-24 кратне збільшення візуальних образів.

Система управління і передачі даних дозволяють оператору вести спостереження в режимі реального часу в «межах» каналу пошуку.

**Пошукова система.** Пошукова система – це сукупність літальних апаратів та організація їх діяльності, яка забезпечує реалізацію пошукових зусиль (1). Одним з критеріїв оцінки ефективності функціонування цієї системи є ймовірність виявлення об'єкта пошуку, яку можна визначити залежністю

$$P\{(t, t + \Delta t)/(0, t)\} = 1 - \Delta t \int_{\Omega} \lambda(x, t) u(x, t) dx + o(\Delta t), \quad (5)$$

де  $\lambda(x, t)$  – функція, яка визначається стратегією пошуку і є ймовірністю виявлення цілі в інтервалі часу  $(t, t + \Delta t)$  за умови, що мета знаходиться в точці  $X$  і не виявлена до моменту  $t$ ;  $u(x, t)$  – щільність розподілу цілі (щільність апостеріорного розподілу положення цілі), коли вона залежить від часу;  $P\{(t, t + \Delta t)/(0, t)\}$  – ймовірність виявлення цілі, що знаходиться в малій окружності  $\Delta x$ , яка містить точку  $x$ , і не виявлена за певний час  $(0, t)$ ;  $\Omega$  – область декартового простору, в який проводиться пошук нерухомої цілі.

Застосовуючи для вирішення завдань умови, що пошук здійснюється в двох-координатній системі і, що джерело (радіаційна аномалія) нерухоме і не змінює фізичні характеристики, отримаємо

$$P(T) = 1 - \int_{\Omega} \left( - \int_0^T \lambda(x, \tau) d\tau \right) u(x) \exp \quad (6)$$



де  $T$  – заданий час пошуку або рішення пошукового завдання.

Вводячи позначення пошукового зусилля у вигляді

$$\phi(x, T) = \int_0^T \lambda(x, \tau) d\tau,$$

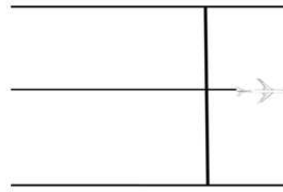
і виконавши наступну умову, що пошукове устаткування недосконале і вимагає залучення людини-оператора пошукової системи, отримуємо:

$$P(T) = 1 - \int_{\Omega} u(x) \exp(-\phi(x, T)) dx. \quad (7)$$

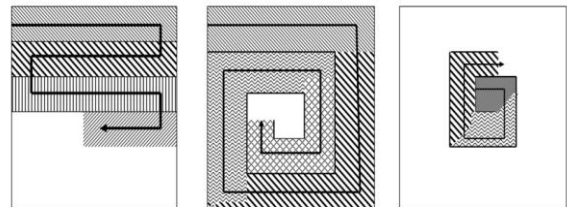
Прийmemo, що пошукове зусилля в двох координатній системі визначається як скалярна похідна сумарної смуги огляду пошукової системи на швидкість переміщення цієї системи, тоді можуть бути три варіанти пошуку: плановий пошук, оперативний пошук та пошук за викликом.

Плановий пошук здійснюється шляхом послідовного обстеження району пошуку. Він може виконуватися паралельними галсами, як показано на мал. 4, при цьому ширина смуги огляду розділяється на дві рівні частини, ліву і праву смугу. Послідовне обстеження району при плановому пошуці може також виконуватися по спіралі, як показано на мал. 5.

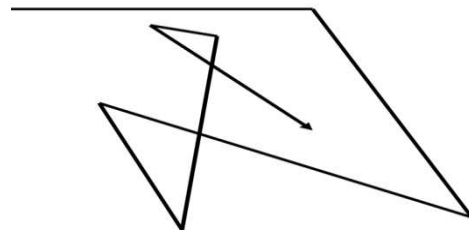
Оперативний пошук виконується у випадках, коли необхідно виявити не тільки аномалію (вогневий засіб), а й зловмисників, які організують його застосування. Очевидно, що зловмисники будуть намагатися покинути смугу виявлення і перейти в місце, яке вже було обстежено, тому при організації оперативного пошуку використовується незакономірне (хаотичне) маневрування літального апарату, як показано на мал. 6. При такому маневруванні літальний апарат може неодноразово повертатися в смугу, яку вже обстежив, що сприяє виявленню зловмисників



Мал. 4 – Схема, яка пояснює ширину смуги огляду

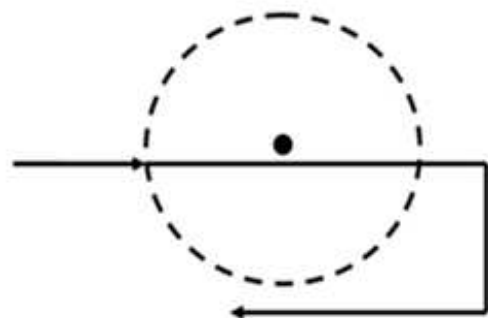


Мал. 5 – Схема послідовного обстеження району планового пошуку: паралельними галсами; по спіралі



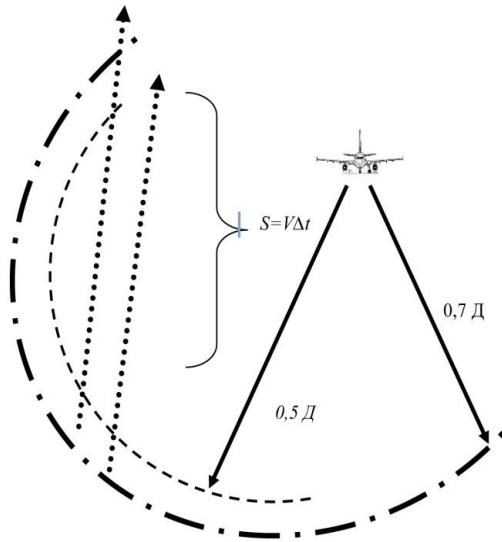
Мал. 6 – Схема проведення оперативного пошуку

Пошук за викликом проводиться в тому випадку, коли є інформація про місце знаходження джерела надзвичайної ситуації, яку необхідно перевірити. Літальний апарат, як показано на рис. 7, слідує в точку з координатами, де повинно бути передбачуване джерело, а потім обстежує район навколо даного місця.



Мал. 7 – Схема проведення пошуку за викликом

Оскільки кут огляду бортових пошукових систем, як правило, дорівнює  $90^\circ$  ( $45^\circ$  лівого і правого борту відповідно), то смуга огляду буде становити  $0,7 \cdot D$ , як показано на мал. 8.



Мал. 8 – Схема формування смуги огляду

Ширина смуги зменшується, коли коефіцієнт контакту становить  $0,8-0,9$  за рахунок досить високої швидкості руху літального засобу, тому для ідентифікації аномалії, як об'єкта пошуку, необхідний певний час. У цьому випадку ширина смуги огляду з одного борту складе  $0,5 \cdot D$ . Загальна ширина смуги огляду буде дорівнювати найбільшій дальності виявлення.

**Математична модель запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру шляхом виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів радіаційними приладами, застосованими на літальних апаратах.** Як було розглянуто вище, похідна ширини смуги огляду на швидкість польоту літального апарату буде визначати його пошукову продуктивність (площа, що оглядається в одиницю часу) або пошукове зусилля. Перетворюючи (7) для одного літального апарату отримуємо

$$P(\tau) = 1 - \exp\left(-\frac{DV\tau}{S}\right) \quad (8)$$

де  $P(\tau)$  – ймовірність виявлення одним літальним апаратом;  $\tau$  – час пошуку одного літального апарату;  $D$  – дальність виявлення джерела;  $V$  – пошукова швидкість літального апарату;  $S$  – площа району пошуку одного літального апарату.

Тоді ймовірність виявлення всієї пошукової системи буде дорівнювати сумі ймовірностей всіх літальних апаратів, які залучені до пошуку, тобто

$$P(T) = \sum_1^n P_i \quad (9)$$

Об'єднуючи в одну систему три залежності, а саме (4), (8) і (9) отримуємо шукану математичну модель

$$\left. \begin{aligned} D &= f(P_{пр}, \delta, j_{пр}, \alpha) \\ P(\tau) &= 1 - \exp\left(-\frac{DV\tau}{S}\right) \\ P(T) &= \sum_1^n P_i \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Таким чином, математична модель запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру шляхом виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів радіаційними приладами, застосованими на літальних апаратах, є системою з трьох аналітичних залежностей. Перша залежність визначає дальність виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів як функціональну залежність від середнього рівня радіаційного фону району пошуку, коефіцієнта розпізнавання радіаційного приладу виявлення, спрямованих властивостей його детектора і параметра загасання гамма-випромінювання в атмосфері. Друга залежність дає змогу обчислити ймовірність виявлення одним літальним апаратом залежно від дальності виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів, швидкості і часу його польоту і площі району пошуку. Третя залежність визначає ймовірність виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів як суму ймовірностей виявлення всіх літальних апаратів, які беруть участь у вирішенні задачі.

## Висновки

1. Аномальною зоною називають ділянку території де значення дози гама випромінювання менше у два і більше рази ніж на прилеглий території. Теоретичні розрахунки для натрієвих і германієвих детекторів доводять, що чим менший час реєстрації детектора тим контрастніший вид аномалії.

2. Основними технічними характеристиками літальних апаратів є висота і швидкість польоту, час перебування в повітрі, канал виявлення, системи управління та передачі даних. Оптимальним вибором технічних параметрів літального апарату будуть ті, які забезпечують найбільшу пошукову ефективність.

3. Пошукова система характеризується пошуковим зусиллям і включає три варіанти

пошуку: плановий пошук, оперативний пошук і пошук за викликом. Головним критерієм оцінки ефективності функціонування пошукової системи є ймовірність виявлення об'єкта пошуку.

4. Розроблена математична модель запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру шляхом виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів радіаційними приладами з літальних апаратів дає змогу визначати дальність виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів та розраховувати ймовірність виявлення літальними апаратами замаскованих вогневих і бронетанкових засобів.

## Список використаних джерел

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік. URL: <https://www.dsns.gov.ua>
2. Защита критической инфраструктуры государства от террористического воздействия / за ред. Дивизинюк М.М. – Київ: Видавництво НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2018. 84 с. ISBN 978-617-7187-25-6
3. Терроризм и террористы: ист. справочник / Под общ. ред. А. Е. Тараса. Москва: Харвест, 1999. 606 с.
4. Makhviladze G.M. (2002) Large-scale unconfined fires and explosions. *Proc. of the Comustion Institute*. Vol. 29. P. 195-210
5. Палюх Б.В., Матвеев Ю.Н., Стукалова Н.А. Некоторые подходы к решению задачи локализации чрезвычайных ситуаций на химико-технологических объектах. *Логистика и экономика ресурсоэнерго-сбережения в промышленности (МНПК «ЛЭРЭП-9-2015»): сб. статей IX Международной научно-технической конференции*. Смоленск, 2015. С. 226-230
6. Стукалова Н.А., Матвеев Ю.Н., Долженко А.Б. (2014) Автоматизированная система управления технологическими процессами уничтожения химического оружия. *Интернет-журнал «Науковедение»*. №4(23) [Идентификационный номер статьи в журнале 54TVN414] М.2014. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/54TVN414.pdf>
7. Гончаренко Ю. Ю. (2011) Структура модели управления чрезвычайной ситуацией по уровням и этапам на охраняемых предприятиях Украины. *Збірник наукових праць СНУЯЕтаП*. Севастополь: СНУЯЕтаП. Вип. 19. С. 10 – 19.
8. Азаренко Е. В., Коноваленко Н. В., Гончаренко Ю. Ю., Дивизинюк М. М., Коноваленко Н. В. (2016) Особенности радиолокационной информации как средства предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера. *Науково-технічний збірник «Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні»*. Київ: Державна служба спеціального звуку та захисту інформації в Україні НТУУ «КПІ», 2016. Вип. 2. (32). С. 82-87
9. Информационно-технические методы предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера на объектах критической инфраструктуры. Часть 1. С использованием активных импульсных радиолокационных средств / за ред.



- Дивизинюк М.М. Київ: Видавництво НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2019. 164 с. ISBN 978-617-7187-33-1
10. Луценко Ю. В., Дівізінюк М. М., Мирошник О. М. (2018) Гіпотетичні сценарії терористичних актів на різних об'єктах транспортних комунікацій. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. Київ: ДУ ІГНС НАН України, Вип. 1(11). С. 92–97.
11. Асаенок И. С. Радиационная безопасность: Учеб. пособие / И. С. Асаенок, А. И. Навоша – Мн.: Бестпринт, 2004. 105 с. ISBN 985–6722–76–4
12. Дудыкевич В. Б., Максимович В. Н., Колтунов Б. Г., Хорошко В. А. (2008) Радиационные методы получения информации и возможности технических средств радиационной разведки. *Науково-техничний журнал «Захист Інформації»*, Київ: ДУТ, № 4. С. 53 – 61.
13. Обнаружение радиоактивных материалов на границе / Подготовлено совместно МАГАТЭ, ВТО, Европол и Интерпол. URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1312r\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1312r_web.pdf)
14. Локальная радиационная аномалия. URL: <https://www.google.com/search?rlz>
15. Луценко Ю. В., Дівізінюк М. М., Мирошник О. М. та ін. (2018) Характеристики літальних апаратів і організація пошукової системи з пошуку радіаційних аномалій. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. Київ: ДУ ІГНС НАН України, Вип. 3(13). С. 90–95.

## Математическая модель предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера путем выявления замаскированных огневых и бронетанковых средств радиационными приборами с летательных аппаратов

Михаил Дивизинюк \*<sup>A</sup>; Юрий Луценко<sup>B</sup>; Олег Мирошник<sup>B</sup>;  
Олег Бас<sup>B</sup> Александр Авраменко<sup>C</sup>

\*Corresponding author: д.ф.-м.н., профессор, заведующий отделом, e-mail: divizinyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5657-2302

<sup>A</sup> Институт геохимии и окружающей среды НАН Украины, пр-кт Академика Палладина, 34а, г. Киев, 03142, Украина

<sup>B</sup> Черкасский институт пожарной безопасности им. Героев Чернобыля НУГЗ Украины, ул. Оноприенко, 8, г. Черкасы, 18034, Украина

<sup>C</sup> Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, пр-кт Воздухофлотский, 28, г. Киев, 03049, Украина

### Аннотация

Работа посвящена решению важной научной задачи в области гражданской защиты, которое заключается в предотвращении чрезвычайных ситуаций террористического характера путем выявления замаскированных огневых и бронетанковых средств радиационными приборами, примененными на летательных аппаратах. На основе экспериментов, проведенных в Чернобыльской зоне определены участки аномальных зон и экранирующие параметры транспортных средств. Проанализированы характеристики летательных аппаратов, цифровых систем обработки и передачи информации и исследовано организацию поисковой системы. Разработанные модели выявления дальности замаскированных огневых и бронетанковых средств и вероятности обнаружения замаскированного средства одним или группой летательных аппаратов. На основе полученных результатов разработана математическая модель предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, математическая модель, огневые и бронетанковые средства, радиационные приборы, летательные аппараты.

# Mathematical model of prevention of terrorist emergencies by detecting masked fire and armored vehicles with radiation devices from aircraft

Mykhailo Divizinyuk \*<sup>A</sup>; Yuri Lutsenko<sup>B</sup>; Oleh Myroshnyk<sup>B</sup>;  
Oleg Bass<sup>B</sup>; Alexander Avramenko<sup>C</sup>

\*Corresponding author: <sup>A</sup> Dr, Professor, Head of Department, e-mail: divizinyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5657-2302

<sup>A</sup> Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine, Academician Palladin Ave., 34a, Kyiv, 03142, Ukraine

<sup>B</sup> Cherkasy Institute of Fire Safety. Heroes of Chernobyl NUGZ of Ukraine, st. Onoprienko, 8, Cherkasy, 18034, Ukraine

<sup>C</sup> The National Defence University of Ukraine named Ivan Chernyakhovskiy, 28 Povitroflotsky Ave., Kyiv, 03049, Ukraine

## Abstract

The work is devoted to solving an important scientific problem in the field of civil protection, which is to prevent terrorist emergencies by detecting masked fire and armored vehicles with radiation devices used on aircraft. On the basis of experiments conducted in the Chernobyl zone, areas of anomalous zones and shielding parameters of vehicles were determined. The characteristics of aircraft, digital information processing and transmission systems are analyzed and the organization of the search engine is investigated. Models for detecting the range of masked fire and armored vehicles and the probability of detecting a masked vehicle by one or a group of aircraft have been developed. Based on the obtained results, a mathematical model for the prevention of terrorist emergencies was developed.

**Keywords** emergency, mathematical model, fire and armored vehicles, radiation devices, aircraft.

## References

1. Analytical review of the state of man-made and natural security in Ukraine in 2018. Access mode: <https://www.dsns.gov.ua>
2. Protection of critical infrastructure of the state from terrorist influence / ed. Divizinyuk M.M. Kyiv, 2018. 84 p. ISBN 978-617-7187-25-6
3. Terrorism and terrorists: East. reference book / Under common. ed. A. E. Taras. Moscow: Harvest, 1999. 606 p.
4. Makhviladze G.M., Yakush S.E. (2002) Large-scale unconfined fires and explosions. *Proc. of the Combustion Institute*. Vol. 29. P. 195-210
5. Palyukh B.V., Matveev Y.N., Stukalova N.A. Some approaches to solving the problem of localization of emergencies at chemical-technological facilities. Logistics and economics of resource and energy saving in industry (MNPK "LEREP-9-2015"): Sat. Articles of the IX International Scientific and Technical Conference. Smolensk, 2015. P. 226-230
6. Stukalova N.A., Matveev Y.N., Dolzhenko A.B. Automated control system for technological processes of destruction of chemical weapons // Internet-journal "Science". 2014, №4 (23) [Identification number of the article in the journal 54TVN414] M.2014. Access mode: <http://naukovedenie.ru/PDF/54TVN414.pdf>
7. Goncharenko Yu. Yu. Structure of the emergency management model by levels and stages at the protected enterprises of Ukraine / Yu. Yu. Goncharenko // Collection of scientific works SNUYAetaP. Sevastopol: SNUYAetaP, 2011. Vip. 19. P. 10-19.
8. Azarenko E. V., Konovalenko N.V., Goncharenko Yu. Yu., Divizinyuk M. M., Konovalenko N. V. Peculiarities of radar information as a means of preventing emergencies of a terrorist nature. *Scientific and technical collection "Legal, regulatory and metrological support of information security systems in Ukraine"*. Kyiv: State Service for Special Sound and Information Protection in Ukraine NTUU "KPI", 2016. Issue. 2. (32). P. 82-87
9. Information and technical methods of prevention of terrorist emergencies at critical infrastructure facilities. Part 1. Using active

- pulsed radar / ed. Divizinyuk M.M. Kyiv: 2019. 164 p. ISBN 978-617-7187-33-1
10. Divizinyuk M. M., Lutsenko Yu. V., Myroshnyk O. M. and others. (2018) Hypothetical scenarios of terrorist acts at different objects of transport communications. *Collection of scientific works of the Institute of Environmental Geochemistry*. Kyiv: Issue. 1 (11). P. 92–97.
11. Asaenok I.S. Radiation safety: Textbook. manual / IS Asayenok, AI Navosha Mn.: Bestprint, 2004. 105 p. ISBN 985–6722–76–4
12. Dudykevich V.B., Maksimovich V.N., Koltunov B.G., Khoroshko V.A. (2008) Radiation methods of obtaining information and the possibility of technical means of radiation reconnaissance. *Scientific and Technical Journal "Information Protection"*, Kyiv: № 4. C. 53-61.
13. Detection of radioactive materials at the border / Prepared jointly by the IAEA, WTO, Europol and Interpol. Access: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1312r\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1312r_web.pdf)
14. Local radiation anomaly. Access: <https://www.google.com/search?Rlz>
15. Divizinyuk M.M., Lutsenko Yu. V., Myroshnyk O.M. and others. (2018) Characteristics of aircraft and the organization of the search system for the search for radiation anomalies. *Collection of scientific works of the Institute of Environmental Geochemistry*. Kyiv: Issue. 3 (13). P. 90–95.