

*Г.В. Іванець, к.т.т., доцент, НУЦЗУ,
В.В. Тютюник, д.т.н., с.н.с., НУЦЗУ,
В.Д. Калугін, д.х.м., професор, НУЦЗУ,
Б.Б. Поспєлов, д.т.н., професор, н.с., НУЦЗУ,
Ю.В. Захарченко, студентка, НУЦЗУ*

**АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОКРИТТЯ
ТЕРИТОРІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ
АВТОМАТИЗОВАНИМИ ПРИСТРОЯМИ КОНТРОЛЮ
НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ЇХ РОЗКИДАННІ З
БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ В УМОВАХ
НЕСТАБІЛЬНОСТЕЙ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА**

(представлено д.т.н. Чубом І.А.)

В статті запропоновано підхід щодо формування алгоритму оцінки ефективності покриття території надзвичайної ситуації за допомогою автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів при їх розкиданні із безпілотного літального апарату в умовах впливу збурень повітряного середовища.

Ключові слова: територія надзвичайної ситуації, безпілотний літальний апарат, автоматизований пристрій контролю, ефективність покриття, нестабільність повітряного середовища.

Постановка проблеми. Одним із перспективних напрямів виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та впливу на них з метою недопущення виникнення надзвичайних ситуацій (НС), а також контролю стану безпеки території при виникненні НС [1-4], є комплексне використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) і наземних засобів контролю чинників безпеки НС – рис. 1. В цьому випадку доставка наземних засобів контролю в зону НС здійснюється повітряними рухомими платформами [5-7]. Це дозволяє здійснювати безперервний та тривалий, в реальному масштабі часу, оперативний моніторинг за зоною НС за рахунок: а) сумісного об'єднання у систему моніторингу БПЛА та наземних пристроїв контролю факторів безпеки НС; б) оперативної доставки за допомогою БПЛА наземних мобільних пристроїв контролю у зону НС; в) створення в зоні НС та в її околиці тимчасової (на період ліквідації НС) контролюючої мережі з автоматизованих наземних мобільних пристроїв контролю; г) отримання й обробки інформації від наземних мобільних пристроїв контролю у диспетчерському пункті, який розміщується на наземній рухомій платформі (штабний автомобіль; пожежно-рятувальний автомобіль; автомобіль радіаційної, хімічної та біологічної розвідки; бронетранспортер; машина військової розвідки; тягач та інші).

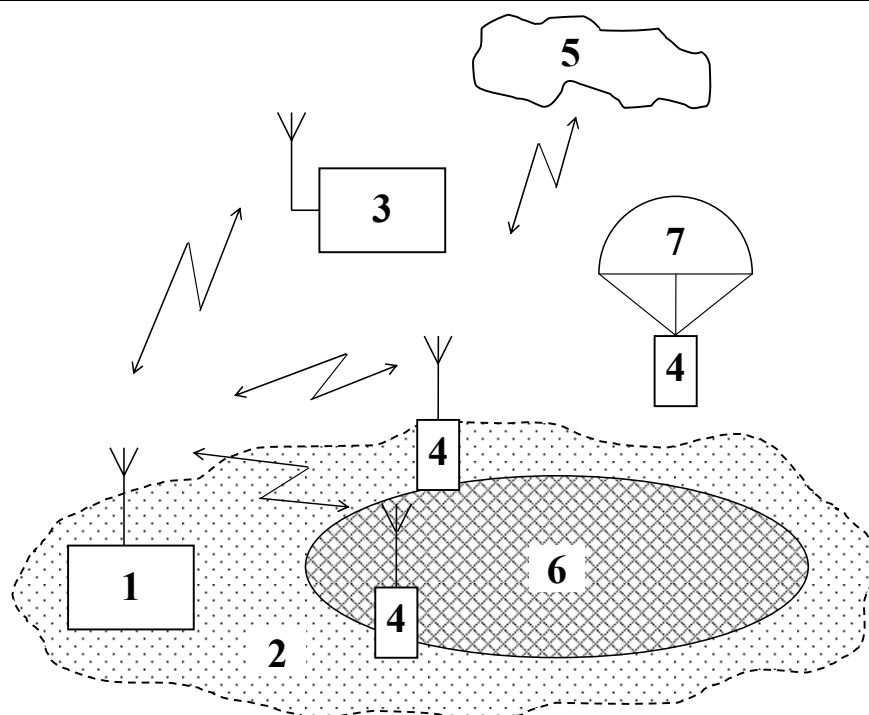


Рис. 1. Комплексна функціональна схема системи оперативного моніторингу за зміною меж зони НС, рівнем безпеки в ній та прогнозування виникнення нових ризиків, з доставкою автоматизованих пристроїв контролю безпілотними літальними апаратами [5]: 1 – наземний рухомий центр моніторингу; 2 – територія, на якій виникла НС; 3 – БПЛА; 4 – наземні автоматизовані пристрої контролю небезпечних факторів НС; 5 – супутникові засоби GPS навігації; 6 – зона враження НС; 7 – парашути для спускання n -ї кількості пристроїв контролю

Проблема цього дослідження полягає у підвищенні ефективності роботи представленої у [5] системи оперативного моніторингу, що неможливо без ретельного розрахунку впливу різних факторів на ефективність доставки, згідно запропонованій на рис. 1 загальній схемі функціонування системи, вимірювальних засобів у зону НС за допомогою БПЛА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі корисні моделі використання БПЛА малого розміру для моніторингу територій пожеж, терористичних актів і техногенних катастроф, а також літаків для повітряного моніторингу стану довкілля [8, 9]. В цьому випадку при реалізації режиму безперервного одержання, в реальному масштабі часу, інформації про стан зони враження необхідне збільшення кількості літальних апаратів і засобів контролю, якими вони оснащені. Крім того, виникають труднощі при керуванні літальними апаратами в зонах поганої видимості (які виникають під впливом дій небезпечних факторів НС), у нічний час, у разі погіршення погодних умов, а також при необхідності проведення контролю небезпечних факторів НС біля поверхні Землі.

При використанні наземних мобільних засобів моніторингу зони НС [10, 11] неможливо охопити вимірюваннями потрібний обсяг точок контролю у зоні НС внаслідок їх недоступності для проведення вимірювання.

Більш ефективним способом оперативного контролю за зміною меж зони НС, рівня небезпеки в ній та прогнозування виникнення нових ризиків є об'єднане використання БПЛА та наземних пристроїв контролю факторів небезпеки НС, при якому доставка наземних пристроїв контролю в зону НС виконується повітряними рухомими платформами [5-7, 12]. В цьому випадку повнота моніторингу зони НС визначається ефективністю покриття території НС і створення в зоні НС та її околиці тимчасової мережі моніторингу з автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів. Принцип оцінки ефективності покриття території НС автоматизованими засобами контролю небезпечних факторів, при умові їх доставки в зону небезпеки зависаючими на малій висоті, над точкою скидання БПЛА, і використанні способів поодинокого та касетного скидання вантажів запропоновано в роботі [12]. В ній розглядається випадок, коли розкидання автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів здійснюється з БПЛА при умові, що він здатний зависати над розрахунковою точкою скидання на малій висоті, а відхилення від розрахункової точки скидання автоматизованих засобів контролю за рахунок впливу збурень факторів повітряного середовища не враховуються. Але в реальних умовах зміни метеорологічних умов та стану повітряного середовища суттєво впливають на точність попадання автоматизованих засобів контролю в розрахункові центри точок їх скидання.

Постановка завдання та його вирішення. Метою цієї роботи є розвиток уявлень щодо формування алгоритм оцінки ефективності покриття території НС автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів та створення в зоні і в околиці НС тимчасової мережі моніторингу з автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів шляхом їх оперативної доставки за допомогою БПЛА з врахуванням дії збурених факторів повітряного середовища.

Основними причинами відхилення автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів території НС при їх скиданні з БПЛА є: неточне визначення координат центру скидання; вплив метеорологічних факторів (вітер, зміна атмосферного тиску, вологість) і т.п. Зробимо допущення, що для моніторингу деякої території НС застосовуються автоматизовані пристрої контролю небезпечних факторів, які розкидаються з БПЛА. Кожний автоматизований пристрій, який доставлено у зону НС, контролює територію у вигляді круга з радіусом $R_{\text{КОНТР}}$ [12]. Якщо кожну зону контролю апроксимувати вписаними квадратами зі стороною $A_{\text{КОНТР}} = R_{\text{КОНТР}} \sqrt{2}$, а територію НС – прямокутником зі сторонами $A_{\text{НС}}$ і $B_{\text{НС}}$ (рис. 2), тоді при скиданні автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів в режимі зависання над центром точки скидання необхідна їх кількість для повного покриття всієї території НС [12] розраховується наступним чином

$$N = N_X N_Y = \frac{A_{НС} B_{НС}}{2R_{РОНТР}^2}, \quad (1)$$

де $N_X = \frac{B_{НС}}{R_{РОНТР} \sqrt{2}}$ – необхідна кількість автоматизованих пристроїв контролю для покриття території НС за стовпцями (за координатою X);
 $N_Y = \frac{A_{НС}}{R_{РОНТР} \sqrt{2}}$ – необхідна кількість автоматизованих пристроїв контролю для покриття території НС за рядками (за координатою Y).

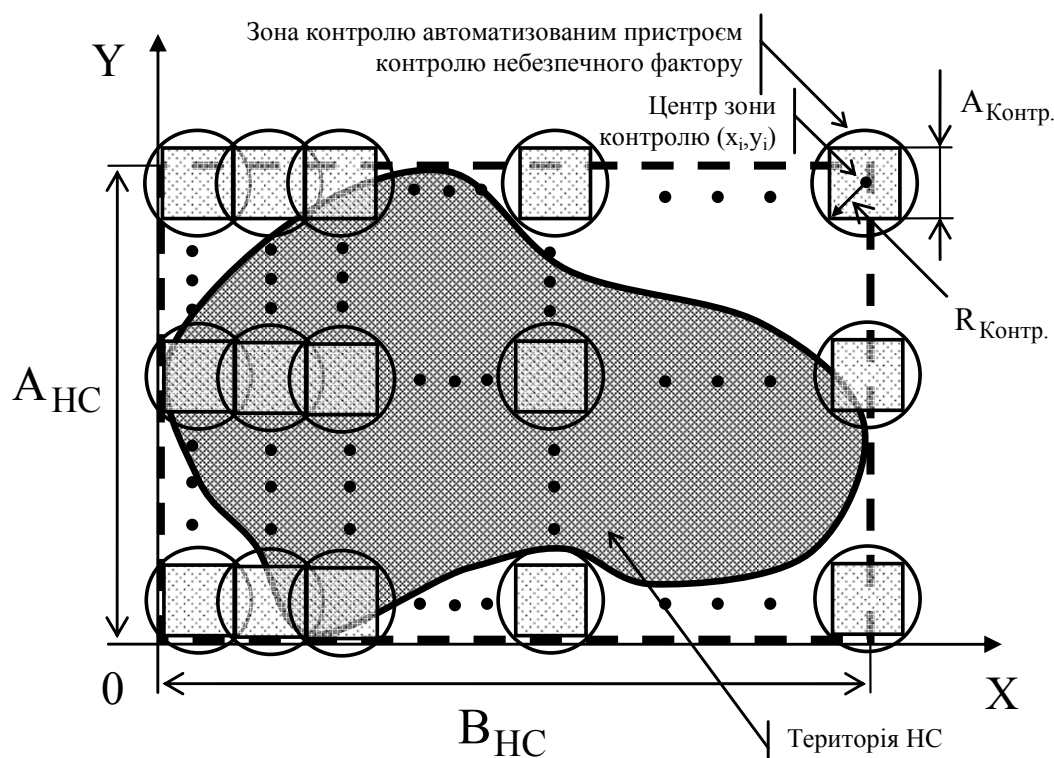


Рис. 2. Схема покриття території НС автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів при їх розкиданні з БПЛА

Якщо за допомогою БПЛА розкидано n пристроїв з врахуванням їх точного попадання в центр точки скидання, то ефективність покриття території дорівнює [12]

$$E_{КОНТР} = \frac{n}{N} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Оцінимо можливе зниження ефективності покриття території НС автоматизованими пристроями контролю при їх відхиленні від центрів точок скидання внаслідок збурюючих дестабілізуючих факторів повітряного середовища, які впливають на траєкторію польоту пристроїв контролю.

Будемо вважати, що пристрої контролю скидаються в розрахункову точку центру скидання з БПЛА, який летить горизонтально зі швидкістю v на висоті h . Оскільки в даному випадку початкова вертикальна швидкість пристрою контролю v_0 дорівнює нулю, то шлях, який проходить падаючий пристрій контролю в безповітряному просторі в напрямку центру точки скидання дорівнює висоті h і обчислюється за формулою

$$h = \frac{gt_n^2}{2}, \quad (3)$$

де g – прискорення сили тяжіння; t_n – час падіння пристрою контролю.

Так як пристрій контролю скидається з БПЛА, який летить горизонтально зі швидкістю v , то горизонтальна початкова швидкість пристрою контролю також дорівнює v . Ця швидкість зберігається на протязі всього часу падіння пристрою контролю t_n . Тоді за час падіння t_n пристрій контролю буде зміщений від центру точки скидання в горизонтальній площині $ХОУ$ на величину, яка дорівнює vt_n . Таким чином, пристрій контролю, який скидається з БПЛА, що рухається у горизонтальній площині, описує в безповітряному просторі криволінійну траєкторію, що уявляє собою параболу.

Найбільш важливими елементами [13], які характеризують траєкторію польоту пристроїв контролю, є: віднесення пристрою контролю (відхилення від центру точки скидання); кінцева швидкість пристрою контролю; кут падіння пристрою контролю.

Під віднесенням пристрою контролю A будемо розуміти шлях, який проходить пристрій контролю в горизонтальному напрямку при його падінні. В даному випадку, це відстань від центру точки скидання вздовж осі $ОУ$. Цей шлях дорівнює добутку швидкості БПЛА на час падіння пристрою контролю t_n і характеризує його відхилення від центру точки скидання

$$A = vt_n, \quad (4)$$

де $t_n = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ – час падіння пристрою контролю на поверхню Землі в безповітряному просторі з висоти h .

Кінцева швидкість v_k пристрою контролю – це його швидкість в момент приземлення. При відсутності опору повітря горизонтальна швидкість пристрою контролю залишається незмінною, а вертикальна швидкість – збільшується за кожну секунду на величину g . В момент приземлення горизонтальна швидкість пристрою контролю дорівнює швидкості

БПЛА в момент скидання пристрою контролю $v_r = v$, а вертикальна швидкість дорівнює $v_b = gt_n = g\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh}$. Вертикальна і горизонтальна швидкості пристрою контролю взаємно перпендикулярні, тоді кінцева його швидкість буде дорівнювати

$$v_k = \sqrt{v_r^2 + v_b^2}. \quad (5)$$

Враховуючи, що $v_r = v$, $v_b = \sqrt{2gh}$ одержимо

$$v_k = \sqrt{v^2 + 2gh}. \quad (6)$$

Кут падіння β_n – це кут, який складає вектор швидкості пристрою контролю $\overline{v_k}$ з горизонтальною площиною в момент приземлення. Кут падіння пристрою контролю можна визначити за формулою

$$\operatorname{tg}\beta_n = \frac{v_b}{v_r} = \frac{\sqrt{2gh}}{v}. \quad (7)$$

При русі пристрою контролю в повітряному просторі виникають наступні явища: частинки повітря ударяють по пристрою контролю, створюючи при цьому силу тиску, яка направлена протилежно швидкості пристрою контролю; частинки повітря діють на бокову поверхню пристрою контролю, в результаті чого виникає сила тертя, яка також направлена протилежно швидкості пристрою контролю. Сила тиску і сила тертя разом створюють силу опору повітря, яка направлена протилежно швидкості руху пристрою контролю.

Сила опору повітря залежить від форми тіла і його положення відносно потоку повітря, що враховується безрозмірним коефіцієнтом k . В аеродинаміці силу опору повітря визначають за емпіричною формулою [13-17]

$$R = kS \frac{\rho v^2}{2}, \quad (8)$$

де k – коефіцієнт опору; S – площа найбільшого поперечного розрізу пристрою контролю; ρ – щільність повітря; v – швидкість руху пристрою контролю.

Величину $\frac{\rho v^2}{2}$ називають напором, або динамічним тиском, тобто тиском, який діяв би на площадку, що стоїть перпендикулярно напрямку потоку повітря.

Сила опору повітря R збільшується, якщо: збільшується коефіцієнт опору k ; збільшується площа поперечного розрізу пристрою контролю S ; збільшується швидкісний напір $\frac{\rho v^2}{2}$.

При наявності опору повітря на пристрій контролю, окрім сили тяжіння, буде діяти сила опору повітря. Сила опору повітря R направлена протилежно швидкості руху пристрою контролю. Силу опору повітря R можна розкласти у відповідності до рис. 3 на вертикальну R_B і горизонтальну R_r складові

$$R_B = R \cdot \sin \varphi, \quad (9)$$

$$R_r = R \cdot \cos \varphi, \quad (10)$$

де φ – кут між силою опору повітря R і площиною горизонту.

Вертикальна складова сили опору повітря направлена протилежно силі тяжіння, тому вертикальна швидкість пристрою контролю буде зростати повільніше, чим при відсутності опору повітря. В цьому випадку величина прискорення падіння пристрою контролю дорівнює

$$g_n = g - \frac{R_B}{m}, \quad (11)$$

а час падіння пристрою на поверхню земної кулі

$$t_n = \sqrt{\frac{2h}{g_n}} = \sqrt{\frac{2h}{g - \frac{R_B}{m}}} = \sqrt{\frac{2h}{\frac{mg - R_B}{m}}} = \sqrt{\frac{2hm}{mg - R_B}}. \quad (12)$$

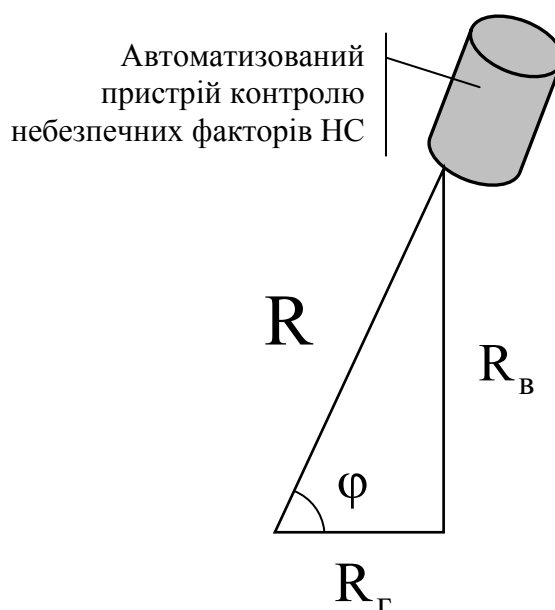


Рис. 3. Складові сили опору повітря, які діють на скинутий з БПЛА автоматизований пристрій контролю небезпечних факторів НС

Горизонтальна складова сили опору повітря направлена протилежно горизонтальній швидкості руху пристрою контролю, тому горизонтальна швидкість пристрою контролю буде безперервно зменшуватися і описується виразом

$$v_r = v - \frac{R_r}{m} t. \quad (13)$$

В цьому випадку відхилення пристрою контролю від центру точки скидання в площині горизонту, з використанням (4), дорівнює

$$A = vt_n - \frac{R_r}{m} t_n^2, \quad (14)$$

а кут падіння (7) пристрою контролю

$$\text{tg}\beta = \frac{\sqrt{2h\left(g - \frac{R_b}{m}\right)}}{v - \frac{R_r}{m} t_n}. \quad (15)$$

Таким чином, при наявності опору повітря відхилення пристрою контролю від центру точки скидання буде меншим, а кут падіння більшим, чим при відсутності опору повітря.

Тепер врахуємо вплив вітру на траєкторію польоту пристрою контролю. Відомо, що вектор вітру різний на різних висотах і змінюється з висотою [12]. Величина і характер змін траєкторії польоту пристрою контролю при наявності вітру відносно його траєкторії при відсутності вітру буде залежати від вектору вітру на висоті скидання пристрою контролю і зміни вектору вітру в шарі повітря від точки скидання пристрою контролю до точки його приземлення.

БПЛА скидає пристрої контролю на відносно невеликій висоті, тому можна вважати, що вектор вітру однаковий у всьому шарі повітря від точки скидання пристрою контролю до точки його приземлення і відповідає вектору вітру на висоті скидання пристроїв контролю.

При наявності вітру пристрій контролю одержить додаткове переміщення в площині вітру, яке дорівнює добутку швидкості вітру u на час падіння пристрою контролю t_n .

Орієнтація вектору швидкості вітру визначається значеннями кута θ_n

$$\theta_n = \beta_0 - \beta_u, \quad (16)$$

де β_0 – азимут скидання пристрою контролю; β_u – азимут горизонтального вітру.

В цьому випадку горизонтальна швидкість руху пристрою контролю буде визначатися виразом

$$v_r = \sqrt{v^2 + u^2 - 2vu \cos \theta_n} - \frac{R_r}{m} t. \quad (17)$$

Відхилення пристрою контролю від центру точки скидання із врахуванням часу падіння, сили опору повітря і швидкості вітру в площині горизонту дорівнює

$$A = v_r t_n = \sqrt{v^2 + u^2 - 2vu \cos \theta_n} t_n - \frac{R_r}{m} t_n^2. \quad (18)$$

Враховуючи (9), (10) і (12), кінцевий вираз для оцінки відхилення пристрою контролю від центру точки скидання в площині горизонту при дії вітру Δ має вигляд

$$\Delta = A = \sqrt{v^2 + u^2 - 2vu \cos \theta_n} \cdot \sqrt{\frac{2hm}{mg - R \sin \varphi}} - \frac{2Rh \cos \varphi}{mg - R \sin \varphi}. \quad (19)$$

Ефективність покриття однієї зони контролю в цьому випадку складе

$$E_{\text{зони}} = \frac{2R_{\text{КОНТР}}^2 - \Delta \cdot R_{\text{КОНТР}} \sqrt{2}}{2R_{\text{КОНТР}}^2} = 1 - \frac{\Delta}{\sqrt{2}R_{\text{КОНТР}}}. \quad (20)$$

Якщо за допомогою БПЛА розкидано n пристроїв контролю, то ефективність покриття території НС (2) автоматизованими пристроями контролю складе

$$E_{\text{КОНТР}} = \frac{n}{N} \cdot \left(1 - \frac{\Delta}{\sqrt{2}R_{\text{КОНТР}}}\right) \cdot 100\%. \quad (21)$$

Таким чином, ефективність покриття території НС автоматизованими пристроями контролю із врахуванням їх відхилення від центрів точок скидання внаслідок опору повітря та швидкості вітру в порівнянні з точним попаданням в центр точки скидання зменшується в $\left(1 - \frac{\Delta}{\sqrt{2}R_{\text{КОНТР}}}\right)$ раз.

Висновки. Розроблені науково-технічні основи створення комплексної функціональної схеми системи моніторингу за зміною меж зони

НС, рівнем небезпеки в ній та прогнозування виникнення нових ризиків, яка характеризується тим, що для підвищення оперативності моніторингу та прогнозування виникнення нових ризиків сумісно застосовуються БПЛА та наземні пристрої контролю небезпечних факторів НС.

Розроблена система моніторингу дозволяє проводити доставку в зону НС наземних автоматизованих пристроїв контролю БПЛА (безпілотний літак або вертоліт). Запропонована система моніторингу передбачає розташування диспетчерського пункту отримання й обробки інформації та обладнання для старту БПЛА на наземній рухомій платформі (штабний автомобіль; пожежно-рятувальний автомобіль; автомобіль радіаційної, хімічної та біологічної розвідки; бронетранспортер; машина військової розвідки; тягач та ін.).

Представлено підхід і принцип формування алгоритму оцінки ефективності покриття території НС автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів, за умов їх доставки в зону небезпеки завислими, над точкою скидання, БПЛА, а також запропоновано методику розрахунку ефективності покриття території НС автоматизованими пристроями контролю при поодинокому їх розкиданні з БПЛА в умовах дії сили опору повітря і повітряної швидкості.

Аналіз змінення алгоритму в залежності від параметрів навколишнього середовища показує, як змінюється ефективність покриття території НС пристроями контролю знижується в результаті впливу сили опору повітря та повітряної швидкості, що призводить до відхилення точок падіння автоматизованих пристроїв контролю від розрахункових центрів точок скидання.

Алгоритм оцінки ефективності покриття території НС пристроями контролю виконано тільки узагальненому вигляді. Тому, одержано співвідношення для розрахунку відхилення автоматизованих пристроїв контролю від центру точки скидання внаслідок збурюючих дестабілізуючих факторів повітряного середовища, які впливають на траєкторію польоту пристроїв контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тютюник В.В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2008 – Вип. 3 (18). – С. 179 – 180.

2. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9(116). – С. 204 – 216.

3. Дослідження умов раннього моніторингу та попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру: звіт про НДР / керівник роботи: В.В. Тютюник; виконавці: В.Д. Калугін, Б.Б. Поспелов, Р.І. Шевченко, М.В. Кустов, С.С. Говаленков. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2014. – 266 с.

4. Тютюник В.В. Створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в регіонах України / В.В. Тютюник // Автореф. ... доктора технічних наук за спец. 21.02.03 – Цивільний захист. – Київ: НАН України. ДП «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». – 2015. – 42 с.

5. Тютюник В.В. Розробка науково-технічних основ системи моніторингу зони надзвичайної ситуації, яка включає доставку автоматизованих пристроїв контролю повітряними безпілотними засобами / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – № 3(16). – С. 41-44.

6. Пат. 105339 Україна, МПК(2016.01) B64D1/08 (2006.01), G08B19/00, G08B25/00, G08B26/00. Пристрій для скидання автоматизованих засобів контролю факторів небезпеки та вантажів для постраждалих з безпілотного літального апарату / Андронов В.А., Калугін В.Д., Тютюник В.В., Тютюник Ю.В.; Власник патенту: Національний університет цивільного захисту України. – № u201510075; заявл. 15.10.2015; опубл. 10.03.2016, бюл. № 5.

7. Пат. 114393 Україна, МПК(2017.01) B64D1/02 (2006.01), G08B19/00, G08B17/00, G08B21/00. Пристрій для скидання автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів надзвичайних ситуацій з безпілотного літального апарату / Андронов В.А., Калугін В.Д., Левтеров О.А., Тютюник В.В., Тютюник Ю.В.; Власник патенту: Національний університет цивільного захисту України. – № u201608736; заявл. 11.08.2016; опубл. 10.03.2017, бюл. № 5.

8. Пат. 105884 Российская Федерация, МПК B64C39/02. Малоразмерный беспилотный летательный аппарат для мониторинга территорий пожаров, террористических актов и техногенных катастроф / Басаргин О.С., Звонов А.А.; Патентообладатель: Венес А.В., Емельянов К.Л., Каптуров С.Ю., Кожбахтеев Э.Х., Муниципальное образовательное учреждение «Основная общеобразовательная школа-интернат 3», Щербакова Н.С. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catiz.tverlib.ru/105884>.

9. Пат. 92848 Российская Федерация, МПК B64C. Самолет для воздушного мониторинга состояния окружающей среды / Волков А.М., Мухина М.Б. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/32506>.

10. Бабушкин Ю.Н. Применение спутниковой навигации при действиях в экстремальных условиях / Ю.Н. Бабушкин // Информост. – 2001. – № 3. – С. 74–85.

11. Пат. 49115 Україна, МПК(2009) G08C19/00, G08B19/00, G08B21/00. Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій / Йо-ра А.П., Сидоров С.М. – № u201002449; заявл. 04.03.2010; опубл. 12.04.2010, бюл. № 7.

12. Тютюник В.В. Оцінка ефективності покриття території надзвичайної ситуації за допомогою автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів при їх розкиданні із зависаючого над точкою скидання безпілотного літального апарату / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Г.В. Іванець, М.Г. Іванець, Ю.В. Захарченко // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – Київ: Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», 2016. – Вип. 10. – С. 34-43.

13. Кириллов В.И Бомбометание / В.И. Кириллов. – М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1960. – 376 с.

14. Гурский Б.Г. Основы теории систем управления высокоточных ракетных комплексов Сухопутных войск / Б.Г. Гурский, М.А. Лющанов, Э.П. Спиринов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 328 с.

15. Разорёнов Г.Н. Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями) / Г.Н. Разорёнов, Э.А. Бахрамов, Ю.Ф. Титов. – М.: Машиностроение, 2003. – 584 с.

16. Балаганский И.А. Действие средств поражения и боеприпасов / И.А. Балаганский, Л.А. Мерзневский. – Н.: НГТУ, 2004. – 408 с.

17. Бабкин А.В. Средства поражения и боеприпасы / А.В. Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984 с.

Отримано редколлегією 22.02.2017

Г.В. Іванець, В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Б.Б. Поспелов, Ю.В. Захарченко

Алгоритм оценки эффективности покрытия территории чрезвычайной ситуации автоматизированными устройствами контроля опасных факторов при их разбрасывании с беспилотного летательного аппарата в условиях нестабильностей воздушной среды

В статье предложен подход для формирования алгоритма оценки эффективности покрытия территории чрезвычайной ситуации с помощью автоматизированных устройств контроля опасных факторов при их разбрасывании с беспилотного летательного аппарата в условиях воздействия возмущений воздушной среды.

Ключевые слова: территория чрезвычайной ситуации, беспилотный летательный аппарат, автоматизированное устройство контроля, эффективность покрытия, нестабильность воздушной среды.

G.V. Ivanets, V.V. Tiutiunyk, V.D. Kalugin, B.B. Pospelov, Yu.V. Zakharchenko

Algorithm for assessing the effectiveness of coatings emergency situation territory by the automated control units of dangerous factors at their scattering from the unmanned aerial vehicle in the conditions of the astable air

In article approach is proposed for the formation of an algorithm for assessing the effectiveness of covering emergency situation territory by the automated control units of dangerous factors at their scattering from the unmanned aerial vehicle in the conditions of impact disturbances of the air has been offered.

Keywords: the territory of emergency situation, the unmanned aerial vehicle, the automated control unit, effectiveness of a covering, astable air.