

**В. А. Андронов**, д. т. н., проф., проректор  
**Г. В. Іванець**, к. т. н., доц., доц. каф.  
**В. Д. Калугін**, д. т. н., проф., проф. каф.  
**В. В. Тютюник**, д. т. н., с. н. с., нач. лаб.  
 Національний університет цивільного захисту України  
 вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

### НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗОН ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ, ЯКА ВКЛЮЧАЄ АВТОМАТИЗОВАНІ ПРИСТРОЇ КОНТРОЛЮ ТА БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ

Розглянуто науково-технічні основи системи моніторингу динаміки меж зон екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек. Система характеризується тим, що для підвищення оперативності моніторингу сумісно застосовуються безпілотні літальні апарати та наземні автоматизовані пристрої контролю факторів екологічної небезпеки. Доставка наземних пристроїв контролю у зону екологічного забруднення виконується безпілотними літальними апаратами.

**Ключові слова:** екологічна небезпека, потенційно небезпечні об'єкти, моніторинг зони екологічного забруднення, безпілотні літальні апарати, автоматизовані пристрої контролю факторів екологічної небезпеки.

**Постановка проблеми.** Розв'язання проблеми ефективного попередження та ліквідації на локальній території зон екологічного забруднення [1–7] невід'ємно пов'язано з особливостями функціонування системи моніторингу (див. рис. 1) у вигляді

класичного контуру управління [8–12] та з розробкою науково-технічних основ комплексної системи виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та впливу на них з метою недопущення виникнення екологічної небезпеки [13–16].

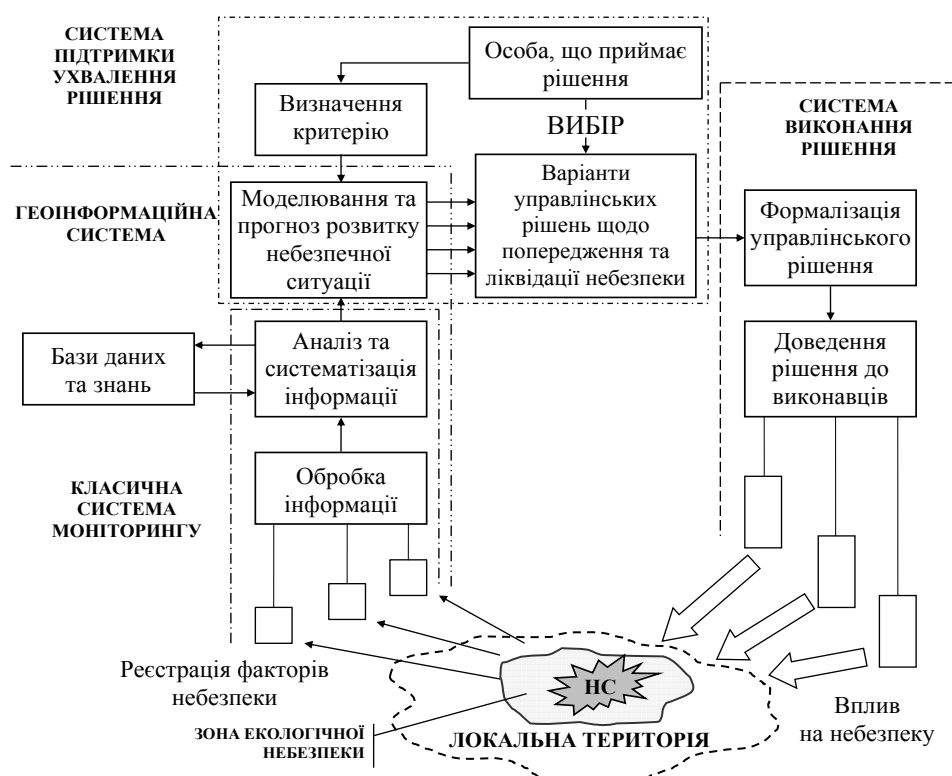


Рисунок 1 – Схема структури моніторингу локальної території як засобу управління

Одним з перспективних напрямків розв'язання цієї проблеми є контроль стану локальної території за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та наземних засобів безперервного отримання у реальному масштабі часу, інформації про рівень дії небезпечних факторів та оперативного прогнозування

розмірів зон НС техногенного характеру та екологічного забруднення, а також обстановки в них.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У рамках проведеного з глибиною пошуку до десяти років аналізу винахідницько-дослідницької діяльності [17–20] відомі технічні рішення визначення границь зон небезпек, які для розташування

засобів контролю факторів небезпеки використовують космічні засоби встановлення місцезнаходження та розділяються за використанням повітряних і наземних рухомих платформ.

При використанні повітряних рухомих платформ відомі корисні моделі: БПЛА малого розміру для моніторингу територій пожеж, терористичних актів і техногенних катастроф, а також літака для повітряного моніторингу стану довкілля [17].

БПЛА малого розміру для моніторингу територій пожеж, терористичних актів і техногенних катастроф обладнаний засобами моніторингу, які включають навігаційне обладнання, радіопеленгатор, тепlopеленгатор і телекамеру, сполучені через бортовий комп'ютер із прийнятно-передавальною антеною GPS, «ГЛОНАС» або стільникового зв'язку для передачі результатів моніторингу на центральний пункт управління літальним апаратом.

Літак для повітряного моніторингу стану довкілля обладнаний, як мінімум, одним засобом для моніторингу довкілля, який встановлено під крилом літака.

Недоліками використання повітряних рухомих засобів моніторингу зони екологічного забруднення у рамках відомих технічних реалізацій, проаналізованих у роботі [17], є те, що під час виникнення масштабної небезпеки для охоплення необхідного обсягу точок вимірювання є потреба у використанні декількох (залежно від розмірів зони) літаків з організацією окремих каналів управління їх польотом і каналів передачі телеметричної інформації від засобів моніторингу. При реалізації режиму безперервного отримання у реальному масштабі часу інформації про стан зони враження цей спосіб моніторингу вимагає збільшення у два-три рази кількості літаків і засобів контролю, якими вони обладнані, їх обслуговування, обладнання паливом і проведення ремонтних робіт. Крім того, виникає утруднення при управлінні БПЛА під час їх перебування у зонах поганої видимості (які виникають під впливом дій небезпечних факторів), у нічний час, у разі погіршення погодних умов, а також за необхідності проведення контролю небезпечних факторів біля поверхні Землі.

При використанні наземних рухомих платформ відомі: спосіб визначення меж зон НС [18] і спосіб оперативного визначення епіцентрів, зміни меж зон НС і одержання оперативної інформації щодо прогнозування виникнення нових ризиків [19].

Спосіб визначення меж зон НС [18] застосовує наземні рухомі засоби та геостационарні супутники. Точки вимірювання встановлюються за допомогою наземних рухомих і геостационарних супутників, точки вимірювання переміщуються за допомогою наземних рухомих засобів.

Спосіб оперативного визначення епіцентрів, зміни меж зон НС та одержання оперативної інформації щодо прогнозування виникнення нових ризиків [19] застосовує наземні рухомі засоби з контрольно-вимірювальними засобами та засоби електрозв'язку, а також диспетчерський пункт і

супутникові засоби із засобами електрозв'язку та електронно-обчислювальними засобами. Визначають зони НС та зміну факторів небезпеки за допомогою наземних рухомих засобів з контрольно-вимірювальними засобами, які передають інформацію про наслідки НС до диспетчерських пунктів за допомогою засобів електрозв'язку через супутникові засоби.

Недоліками використання наземних рухомих засобів моніторингу зони екологічного забруднення у рамках відомих підходів [18, 19] є те, що під час моніторингу неможливо охопити вимірюванням потрібний обсяг точок вимірювання у зоні небезпеки, оскільки не всі точки є доступними для вимірювання. Крім того, реалізація цих підходів не забезпечує оперативного одержання потрібних обсягу й точності інформації.

Найбільш близьким технічним рішенням до проблеми розробки науково-технічних основ системи моніторингу на локальній території динаміки зміни меж зон екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек є спосіб оперативного визначення ризиків НС [20]. Цей спосіб передбачає за допомогою наземних рухомих засобів з контрольно-вимірювальними пристроями визначати зони НС та зміну факторів небезпеки. Роль наземних рухомих засобів можуть відігравати транспортні засоби, а також окремі (піші) патрульні. Для надання інформації до диспетчерських пунктів на пряму та через супутникові засоби про наслідки НС застосовують засоби електрозв'язку. Для аналізу динаміки подій, що виникають у процесі тривання НС та підвищення оперативності збору інформації, повітряні рухомі засоби обладнують контрольно-вимірювальними й електронно-обчислювальними засобами з електронно-картографічними програмами, засобами радіонавігації й електрозв'язку.

Недоліками описаного вище способу оперативного визначення ризиків НС [20] є те, що можливості реалізації режиму безперервного у реальному масштабі часу оперативного одержання потрібного обсягу інформації про епіцентри та зміни меж зон небезпек обмежені можливостями використання (патрулювання) особового складу підрозділів. Крім того, термін моніторингу обмежується терміном перебування літака у повітрі, що потребує використання декількох літаків, які обладнані ідентичними контрольно-вимірювальними й електронно-обчислювальними засобами з електронно-картографічними програмами, засобами радіонавігації й електрозв'язку.

**Постановка завдання та його розв'язання.** Метою цієї роботи є розвиток науково-технічних основ для реалізації оперативного моніторингу за зміною меж зони екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек, за рахунок об'єднаного застосування БПЛА та наземних пристроїв контролю факторів небезпеки, де доставка наземних пристроїв контролю у зону небезпеки виконується БПЛА.

Мета роботи досягається тим, що безперервний та тривалий у реальному масштабі часу оперативний моніторинг за зоною екологічного забруднення здійснюється за рахунок: а) сумісного об'єднання у систему моніторингу БПЛА та наземних пристроїв контролю факторів небезпеки; б) оперативної доставки наземних мобільних пристроїв контролю у зону забруднення БПЛА; в) створення в зоні та в її околиці тимчасової (на період ліквідації небезпеки) контрольною мережі з автоматизованих наземних мобільних пристроїв контролю; г) отримання й обробки інформації від наземних мобільних пристроїв контролю диспетчерським пунктом, розташованим на наземній рухомій платформі (штабний автомобіль; пожежно-рятувальний автомобіль; автомобіль радіаційної, хімічної та

біологічної розвідки; бронетранспортер; машина військової розвідки; тягач та ін.) [17].

Функціональну схему системи оперативного моніторингу за зміною меж зони екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек представлено на рисунку 2, де: 1 – наземний рухомий центр моніторингу; 2 – територія, на якій виникла НС техногенного характеру, від дії якої сформувалася зона екологічного забруднення; 3 – БПЛА; 4 – наземний автоматизований пристрій контролю небезпечних факторів; 5 – супутникові засоби GPS навігації; 6 – зона екологічного забруднення від НС техногенного характеру; 7 – парашути для спускання n-ї кількості пристроїв контролю.

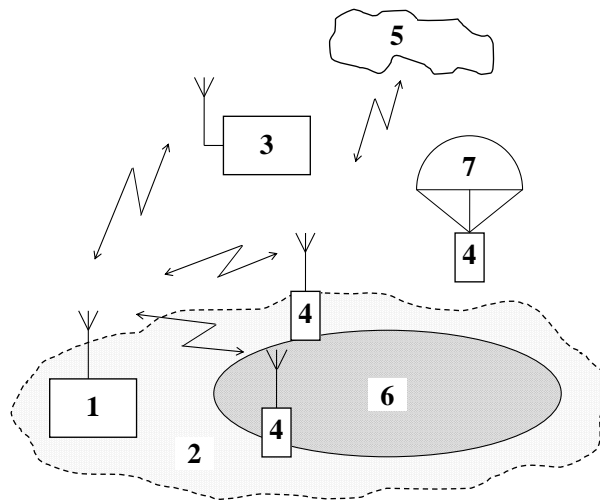


Рисунок 2 – Комплексна функціональна схема системи оперативного моніторингу за зміною меж зони екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек, з доставкою автоматизованих пристроїв контролю безпілотними літальними апаратами [17]

Наземний автоматизований пристрій контролю 4, схему якого представлено на рисунку 3, а, включає: 4.1. – контрольно-вимірювальний блок, який залежно від небезпеки змінюється на необхідний комплект, з відповідними датчиками контролю; 4.2 – блок відеоспостереження; 4.3 – блок встановлення місця знаходження; 4.4 – блок корегування місця положення мобільного пристрою на поверхні Землі; 4.5 – блок ручного корегування роботи мобільного пристрою; 4.6 – блок зберігання інформації; 4.7 – блок індикації; 4.8 – мікроконтроллер; 4.9 – блок живлення; 4.10 – блок радіозв'язку; 4.11 – антена.

Наземний рухомий центр моніторингу 1, схему якого подано на рисунку 3, б, включає: 1.1 – комп'ютеризовану аналітичну систему прогнозу границь зони екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек на об'єктах локальної території, які можуть потрапити під вплив небезпечних факторів, що виникли; 1.2 – контрольно-вимірювальний блок; 1.3 – блок метеорологічного контролю; 1.4 – блок встановлення місця знаходження наземного рухомого центру моніторингу; 1.5 – блок керування рухом повітряної рухомої платформи; 1.6 – блок отримання й

аналізу інформації від наземних мобільних пристроїв про рівень небезпеки у зоні екологічного забруднення; 1.7 – блок збереження інформації; 1.8 – блок старту повітряної рухомої платформи; 1.9 – блок радіозв'язку; 1.10 – антenu.

Оперативність доставки у зону екологічного забруднення 6 необхідної, залежно від фактичної обстановки, що склалася у зоні, комбінації із засобів контролю факторів небезпеки з відповідними датчиками контролю 4 вирішується за рахунок, відповідно до рисунку 4, технічної реалізації електромеханічного пристрою, де: утримання та скидання корисного вантажу реалізується за рахунок розташування котушки індуктивності у горизонтальній площині й тангенціально до осі руху БПЛА, а також нанизування корисного вантажу на металевий стержень, який рухається всередині котушки індуктивності, за умов подачі на її вхід електричного сигналу; формування команди на скидання виконується безпосередньо на БПЛА шляхом автоматичного аналізу інформації від бортової системи навігації; розташування пристрою як з низу фюзеляжу, так і під крилами БПЛА [21].

Представлений на рисунку 4 електромеханічний пристрій для скидання з БПЛА 3 у зону екологічного забруднення 6 автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів 4 містить: 3.1 – корпус пристрою для скидання з БПЛА автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів; 3.2 – блок управління процесом скидання.

Всередині корпусу 3.1 знаходяться: 3.1.1 – елементи кріплення електромеханічного пристрою до корпусу БПЛА; 3.1.2 – металеві пластини із

зазором між ними (на них монтується електромеханічні елементи пристрою); 3.1.3 – прокладка ущільнювача; 3.1.4 – металевий стержень для утримання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.1.5 – корпус котушки індуктивності для її кріплення до металевих пластин 3.1.2; 3.1.6 – елементи кріплення котушки індуктивності до металевих пластин 3.1.2; 3.1.7 – котушка індуктивності; 3.1.8 – зворотна пружина.

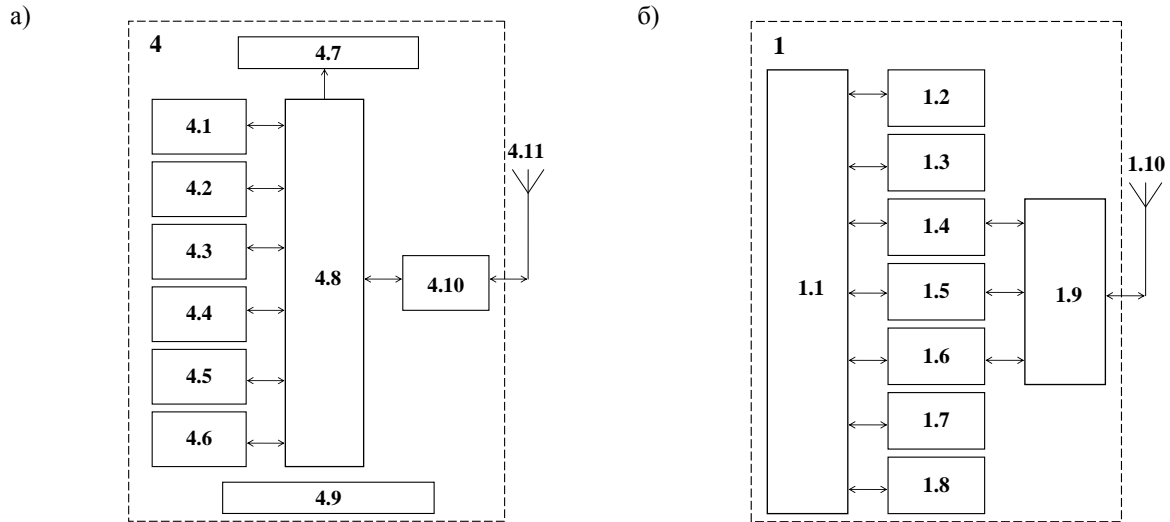


Рисунок 3 – Функціональні схеми: а) наземного автоматизованого пристрою контролю небезпечних екологічних факторів; б) наземного рухомого центру моніторингу [17]

Блок управління процесом скидання 3.2 містить: 3.2.1 – антена; 3.2.2 – блок бортової системи навігації; 3.2.3 – блок оцінки поточного місця знаходження БПЛА та видачі команди на скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.2.4 – блок формування відповідного електричного сигналу на скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.2.5 – блок

примусової (оператором у ручному режимі) видачі команди на скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.2.6 – блок введення та зберігання географічної інформації про точку (зону) скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів; 3.2.7 – перетворювач для живлення блока 3.2.4 для скидання автоматизованого засобу контролю небезпечних факторів.

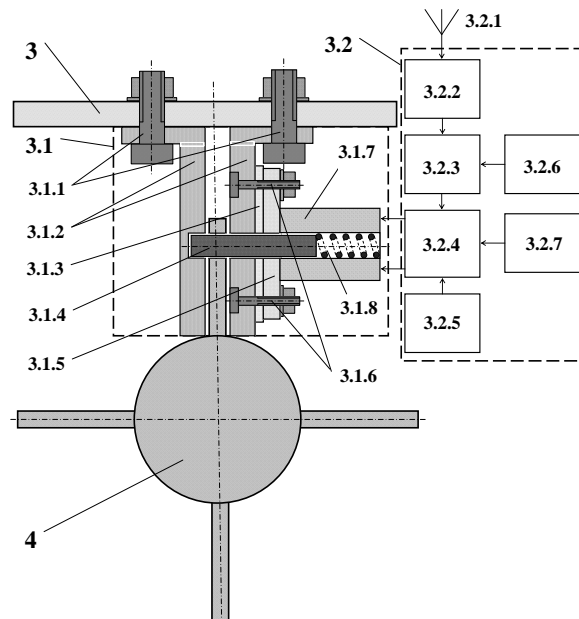


Рисунок 4 – Електромеханічний пристрій для скидання з БПЛА у зону екологічного забруднення автоматизованих засобів контролю небезпечних факторів

Наведений у роботі підхід для оцінки ефективності покриття території 6 автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів 4 при їх розкиданні з БПЛА реалізовано за умов, що апарат 3 здатний зависати над точкою скидання та проводити скидання пристроїв 4 з малих висот [22]. В цьому випадку відхиленнями від центру точки скидання пристроїв можна знехтувати. Кожен автоматизований пристрій, який доставлено у зону 6, контролює територію у вигляді окружності з радіусом  $R_{\text{Контр}}$ . Задача розв'язується шляхом апроксимації кожної зони контролю вписаними квадратами зі стороною  $A_{\text{Контр}} = R_{\text{Контр}} \cdot \sqrt{2}$ , а території екологічного забруднення – прямокутником зі сторонами  $A$  і  $B$  (див. рис. 5).

Необхідну кількість автоматизованих пристроїв контролю 4, яку необхідно скинути з БПЛА 3 для покриття території 6, можна оцінити як

$$N = N_X N_Y = \frac{AB}{2R_{\text{Контр}}^2}, \quad (1)$$

де  $N_X = \frac{B}{R_{\text{Контр}} \cdot \sqrt{2}}$  – необхідна кількість автоматизованих пристроїв контролю для покриття території за стовпцями (за координатою  $X$ );

$N_Y = \frac{A}{R_{\text{Контр}} \cdot \sqrt{2}}$  – необхідна кількість автомати-

зованих пристроїв контролю для покриття території за рядками (за координатою  $Y$ ).

Так, якщо за допомогою БПЛА розкидано  $n$  пристроїв, то, з урахуванням їх точного потрапляння в центри зон контролю, ефективність покриття території дорівнює

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

Розглянемо вимоги до БПЛА при поодинокому способі доставки пристроїв контролю небезпечних факторів 4. Позначимо координати центрів зон контролю за стовпчиками  $x_i$ , а за рядками –  $y_i$ . Тоді при польоті БПЛА уздовж лінії центрів зон контролю за рядками необхідно забезпечити затримку скидання кожного наступного пристрою на термін

$$T_Z = \frac{R_{\text{Контр}} \cdot \sqrt{2}}{v}, \quad (3)$$

де  $v$  – середня швидкість польоту БПЛА.

Як недолік такого методу покриття небезпечної території 6 автоматизованими пристроями контролю 4 можна відзначити досить великий час, який необхідний для покриття всієї території.

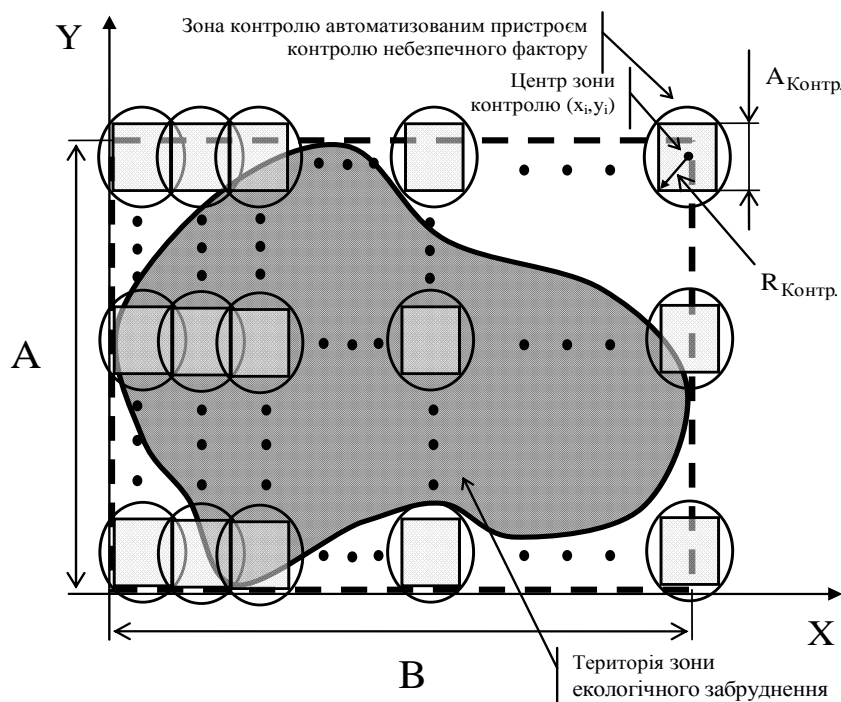


Рисунок 5 – Схема покриття зони екологічного забруднення автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів при їх розкиданні з БПЛА

Одним зі шляхів усунення зазначеного недоліку є використання касетного способу [23–26] для покриття території 6 автоматизованими пристроями контролю 4. Для цього можна використовувати

касетні вироби з відповідними пристроями контролю небезпечних факторів. Так, на етапі польоту БПЛА над центром скидання касети бортова система управління переводить літальний

апарат у режим пікірування на точку із заданими координатами. На заданій висоті за сигналом системи управління завіюється центральний розривний заряд корпусу касетного виробу; при цьому під дією вибухових газів він руйнується, і

автоматизовані пристрої контролю 4 розлітаються в радіальних напрямках із додатковими приростами швидкості, покриваючи частину території 6 (див. рис. 6).

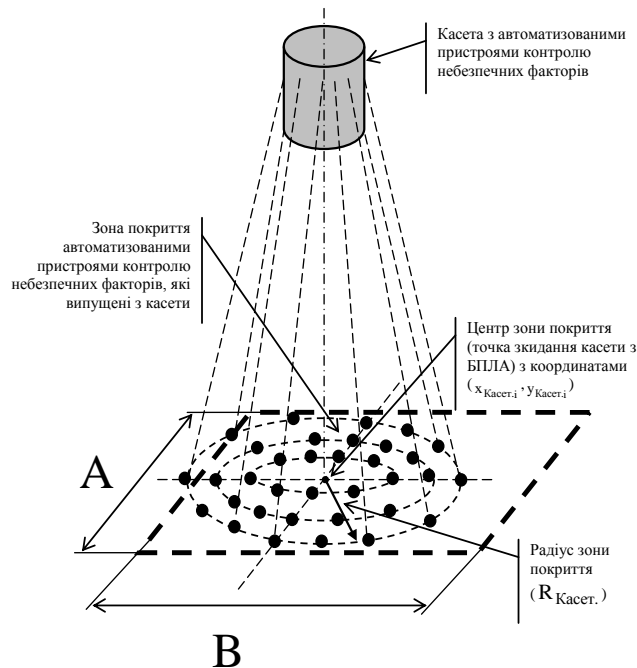


Рисунок 6 – Схема покриття зони екологічного забруднення касетним виробом, оснащеним автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів

За умов скидання касетних виробів у режимі зависання БПЛА над точкою скидання на малій висоті впливом протидіючих факторів на процеси розкидання та польоту автоматизованих пристроїв 4 можна знехтувати. В цьому випадку точки падіння пристроїв на поверхню Землі повинні рівномірно розподілятися на деякій площі, фігуру якої, відповідно до рисунку 6, можна описати окружністю з радіусом  $R_{Kaset}$ . Для розрахунку необхідної кількості касетних виробів обрано аналогічний підхід, як при одиночному покритті небезпечної території. При цьому кожна зона покриття касетою з автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів апроксимується вписаним прямокутником зі стороною  $A_{Kaset} = R_{Kaset} \cdot \sqrt{2}$ , а необхідна кількість касетних виробів для покриття території 6 дорівнює

$$N_{Kaset} = N_{Kaset.x} \cdot N_{Kaset.y} = \frac{AB}{2R_{Kaset}^2}, \quad (4)$$

де  $N_{Kaset.x} = \frac{B}{R_{Kaset} \cdot \sqrt{2}}$  – кількість касетних виробів із пристроями контролю для покриття території за стовпцями (за координатою  $X$ );  $N_{Kaset.y} = \frac{A}{R_{Kaset} \cdot \sqrt{2}}$  – кількість касетних виробів з пристроями контролю для покриття території за рядками

(за координатою  $Y$ ). Кількість пристроїв контролю в касетному виробі для надійного покриття зони з радіусом  $R_{Kaset}$  розраховується за формулою

$$N = \frac{R_{Kaset}^2}{R_{Komp}^2}. \quad (5)$$

Так, якщо за допомогою БПЛА розкидано  $m$  касетних виробів з автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів, то з урахуванням їх точного потрапляння в центри зон контролю ефективність покриття території дорівнює

$$E_{Kaset} = \frac{m}{N_{Kaset}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Розглянемо вимоги до БПЛА при касетному способі розкиду пристроїв контролю небезпечних факторів. Позначимо координати центрів зон контролю касетою за стовпчиками  $x_{Kaset.i}$ , а за рядками –  $y_{Kaset.i}$ . Тоді при польоті БПЛА уздовж лінії центрів зон контролю касет за рядками необхідно забезпечити затримку скидання кожного наступного касетного виробу на термін

$$T_{Z_{Kaset}} = \frac{R_{Kaset} \cdot \sqrt{2}}{v}. \quad (7)$$

Середній виграш у часі при розкиданні з БПЛА автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів касетним способом, в порівнянні з поодиноким, розраховується за формулою

$$W = \frac{t_2 \cdot N - t_1 \cdot N_{\text{касет.}}}{t_2 \cdot N} \cdot 100\%, \quad (8)$$

де  $t_1$  – середній час скидання одного касетного виробу, з урахуванням його доставки до місця скидання;  $t_2$  – середній час скидання одного пристрою контролю, з урахуванням його доставки до місця скидання при одиночному способі.

У загальному випадку для зменшення часу покриття території б автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів доцільно використовувати безпілотні авіаційні комплекси (БАК), які включають наземний центр моніторингу (блок 1 на рис. 1) та декілька БПЛА. Тоді середній виграш у часі складе

$$W_{\text{БАК}} = \frac{t_2 \cdot N - k \cdot t_1 \cdot N_{\text{касет.}}}{t_2 \cdot N} \cdot 100\%, \quad (9)$$

де  $k$  – кількість задіяних БПЛА.

Таким чином, на основі результатів модельних розрахунків ефективності представлених у роботі двох варіантів (одиночного та касетного) розміщення по території зони екологічного забруднення автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів за допомогою БПЛА свідчить на користь касетного способу скидання вантажу в умовах обмеженості часу та відсутності жорстких вимог щодо точності потрапляння пристрою контролю у задану точку території.

## Висновки.

1. Розроблені науково-технічні основи створення комплексної функціональної схеми системи моніторингу на локальній території динаміки зміни меж зон екологічного забруднення, рівня небезпеки в зоні та прогнозування виникнення нових небезпек. Схеми характеризується тим, що для підвищення оперативності моніторингу сумісно застосовуються БПЛА та наземні пристрої контролю небезпечних факторів.

2. Розроблена система моніторингу дозволяє проводити доставку в зону екологічного забруднення наземних автоматизованих пристроїв контролю БПЛА. 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.).

3. Представлено підхід і принцип оцінки ефективності покриття території зони екологічного забруднення автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів, за умов їх доставки в зону небезпеки завислими, над точкою скидання, БПЛА та використання способів одиночного та касетного скидання вантажу. Отримано аналітичні вирази для розрахунку відносного середнього виграшу в часі для касетного способу, у порівнянні з одиночним способом доставки, автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів у зону екологічного забруднення.

## Література

1. Андронов В. А. Природні та техногенні загрози, оцінювання небезпек / В. А. Андронов, А. С. Рогозін, О. М. Соболев, В. В. Тютюник, Р. І. Шевченко. – Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2011. – 264 с.
2. Черногор Л. Ф. Физика и экология катастроф / Л. Ф. Черногор. – Харків : Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, 2012. – 556 с.
3. Сліпченко В. Г. Еколого-економічні збитки: кількісна оцінка / [В. Г. Сліпченко, Є. В. Брикун, В. В. Дергачова та ін.] ; за ред. І. В. Недіна. – Київ : ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2001. – 216 с.
4. Романченко І. С. Екологічна безпека : екологічний стан та методи його моніторингу / І. С. Романченко, А. І. Сбітнев, С. Г. Бутенко. – Київ, 2006. – 560 с.
5. Черногор Л. Ф. Экологические последствия массовых химических взрывов при техногенной катастрофе / Л. Ф. Черногор // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2006. – № 6. – С. 522–535.
6. Кірючкін О. Ю. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України / О. Ю. Кірючкін, М. М. Мурін, В. В. Тютюник, Р. І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – № 6. – С. 62–73.
7. Калугін В. Д. Енергетичний підхід до оцінки екологічного стану природно-техногенно-соціальної системи України в режимі повсякденного функціонування / В. Д. Калугін, В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, Р. І. Шевченко // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2013. – Вип. 4 (48). – С. 196–208.
8. 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. – 2013. – Вип. 9 (116). – С. 204–216.

9. Чернявський І. Ю. Аналіз умов для створення системи виявлення і оцінки рівня радіаційної безпеки життєдіяльності населення при надзвичайних ситуаціях воєнного характеру [Електронний ресурс] / І. Ю. Чернявський, В. В. Тютюник, В. Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2016. – Вип. 23. – С. 168–185. Режим доступу : <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol23/Cherniavskiy.pdf>.
10. Азаренко Е. В. Проблема управління екологічною безпекою прибережних вод і пути її рішення / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк // Системи обробки інформації. – 2012. – Вип. 2(100). – С. 271–275.
11. Андронов В. А. Науково-технічні основи синтезу системи моніторингу надзвичайних ситуацій на території України в рамках державної політики в галузі цивільного захисту / В. А. Андронов, М. М. Дивизинюк, О. В. Азаренко, В. Д. Калугін, В. В. Тютюник // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2016. – Вип. 4 (49). – С. 150–160.
12. Тютюник В. В. Використання енергетичного підходу для оцінки ефективності функціонування комплексної автоматизованої системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій на локальній території / В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, В. Д. Калугін // Системи обробки інформації. – 2016. – Вип. 1(138). – С. 183–194.
13. Тютюник В. В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В. В. Тютюник, Р. І. Шевченко // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2008. – Вип. 3 (18). – С. 179–180.
14. Тютюник В. В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] / В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, В. Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2011. – Вип. 14. – С. 171–194. Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol14/Tyutyunik.pdf>.
15. Калугін В. Д. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В. Д. Калугін, В. В. Тютюник, Л. Ф. Черногор, Р. І. Шевченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 1/6 (55). – С. 59–70.
16. Тютюник В. В. Основи методології територіально-часового формування джерел надзвичайних ситуацій та екологічної небезпеки на локальній території / В. В. Тютюник, О. М. Соболев, В. Д. Калугін, Ю. В. Тютюник // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2015. – Вип. 9. – С. 92–108.
17. 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. – 2014. – № 3 (16). – С. 41–44.
18. Бабушкин Ю. Н. Применение спутниковой навигации при действиях в экстремальных условиях / Ю. Н. Бабушкин // Информост. – 2001. – № 3. – С. 74–85.
19. Пат. 49115 Україна, МПК(2009) G08C19/00, G08B19/00, G08B21/00. Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій / Йора А.П., Сидоров С.М. – № u201002449; заявл. 04.03.2010; опубл. 12.04.2010, Бюл. № 7.
20. Пат. 60922 Україна, МПК(2011.01) G01V3/00. Спосіб оперативного визначення ризиків надзвичайних ситуацій / Якорнов Є. А., Ліпчевська І. Л., Лисенко О. І., Романченко І. С., Андрієвська О. А., Чумаченко С. М., Туровець Ю. С., Крюченко Н. О.; Власники патенту : Якорнов Є. А., Ліпчевська І. Л., Лисенко О. І., Романченко І. С., Андрієвська О. А. – № u201101676; заявл. 14.02.2011; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
21. 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.
22. 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. – 2016. – Вип. 10. – С. 34–43.
23. Гурский Б. Г. Основы теории систем управления высокоточных ракетных комплексов Сухопутных войск / Б. Г. Гурский, М. А. Лющанов, Э. П. Спирин. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 328 с.
24. 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.
25. Балаганский И. А. Действие средств поражения и боеприпасов / И. А. Балаганский, Л. А. Мерзневский. – Н. : НГТУ, 2004. – 408 с.
26. 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.



**В. А. Андронов, Г. В. Иванец, В. Д. Калугин, В. В. Тютюник**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ И БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ**

Рассмотрены научно-технические основы системы мониторинга динамики границ зон экологического загрязнения, уровня опасности в зоне и прогнозирования возникновения новых опасностей. Система характеризуется тем, что для повышения оперативности мониторинга совместно используются беспилотные летательные аппараты и наземные автоматизированные устройства контроля факторов экологической опасности. Доставка наземных устройств контроля в зону экологического загрязнения выполняется беспилотными летательными аппаратами.

**Ключевые слова:** экологическая опасность, потенциально опасные объекты, мониторинг зоны экологического загрязнения, беспилотные летательные аппараты, автоматизированные устройства контроля факторов экологической опасности.

**V. Andronov, G. Ivanets, V. Kalugin, V. Tiutiunik**

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL BASES OF THE COMPLEX SYSTEM MONITORING ECOLOGICAL POLLUTION ZONES WHICH IS TURNING ON THE AUTOMATED CONTROL UNITS AND UNMANNED AERIAL VEHICLES**

In article scientific and technical bases of system monitoring borders dynamics zones of ecological pollution and level of danger in a zone, and also predictions of emergence of new dangers have been developed. The system is characterized by the increased efficiency of monitoring due to sharing of unmanned aerial vehicles and the land automated control units of ecological danger factors. Delivery of land control units in a zone of ecological pollution is carried out by unmanned aerial vehicles.

**Keywords:** ecological danger, potentially dangerous objects, monitoring ecological pollution zones, unmanned aerial vehicles, the automated control units of ecological danger factors.