

## УДК 614.8

*Акулов В.М., викладач, НУЦЗУ, Кулаков О.В., кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри, НУЦЗУ, Райз Ю.М., викладач, НУЦЗУ*

### **ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ**

Запропоновано застосування безпілотних літаків (БЛ) для моніторингу зараженої зони аварії з викидом небезпечних хімічних речовин (НХР). Визначена оптимальна траєкторія польоту та довжина шляху польоту БЛ в зараженій зоні

**Ключові слова:** безпілотний літак, спостереження, газоаналізатор

**Постановка проблеми.** Завданнями цивільного захисту є, зокрема, збирання та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації (НС), прогнозування та оцінка їх соціально-економічних наслідків [1]. Збирання, опрацювання та передачі інформації про стан довкілля здійснюється шляхом спостереження.

Відрізняють НС техногенного, природного та соціально-політичного характеру. Одним з видів НС техногенного характеру є аварія з викидом НХР.

Резонансна аварія з викидом НХР виникла у Російській Федерації 01 вересня 2011 року при пожежі й розгерметизації ємностей з бромом (речовина високо небезпечна за [2]) у вантажному вагоні на залізничній станції в місті Челябінськ [3]. Під впливом рідкого броду відбулися нагрів й загоряння пакувальних дерев'яних ящиків, у яких транспортувалися пляшки із бромом, а від вогню почалося кипіння броду в інших ємностях й подальша їх розгерметизація. Станцію затягнуло густим буро-коричневим туманом випаровувань броду, який окутав майже увесь Ленінський район (площа близько 75 км<sup>2</sup>) міста, прилягаючий до залізничної станції. За офіційною інформацією, звернулися по допомогу 237 чоловік, у лікарнях перебувало 55 чоловік. Офіційно було оголошено про витікання лише 50 літрів броду з більш ніж 12000 літрів, що перевозилися у вагоні.

Для України НС в місті Челябінськ є попередженням. Єдиним виробником броду й бромвмісних хімічних сполук у східній Європі (за даними [www.ukr-prom.com](http://www.ukr-prom.com)) є Публічне акціонерне товариство "Бром", розташоване у м. Красноперекопськ, АР Крим. Поставки продукції здійснюються в Китай, Індію, Іспанію, Польщу, Казахстан, Росію, Білорусь і інші країни.

Розміри зони НС техногенного характеру внаслідок аварії з викидом НХР залежать від багатьох факторів: кількості небезпечної речовини, стану атмосфери, напрямку та сили вітру тощо. За певних обставин зона може досягати значних розмірів. У цьому випадку моніторинг зони аварії уявляє певні труднощі.

Для спостереження за станом території можливе використання БЛ [4]. Перевагою БЛ над звичайними літаками є можливість старту з необладнаних майданчиків невеликих розмірів. Це дозволяє реалізувати регіональне розташування БЛ без додаткової підготовки місць базування.

**Аналіз останніх досягнень та публікацій.** Гранично допустимі концентрації НХР приведено, наприклад, в стандарті [5].

Для прогнозування наслідків розливу (викиду) НХР при аваріях на промислових об'єктах і транспорті затверджено Методику [6].

На сьогодні Україна має вітчизняних виробників БЛ. Наприклад, на Чугуївському авіаційному ремонтному заводі серійно виготовляються БПЛА серії «Стрепет» [7]. Можливість використання БЛ серії «Стрепет» для моніторингу території України залежно від масштабу НС та під час весняних повеней обґрунтована в роботах [4, 8]. Актуальним є обґрунтування застосування БЛ для моніторингу території після аварії з викидом НХР.

**Постановка задачі та її розв'язання.** Згідно статті 169 [9] по прибуттю до місця аварії з викидом НХР керівник гасіння пожежі зобов'язаний провести розвідку, зокрема з'ясувати розміри хімічної небезпеки, визначити термін перебування особового складу у зараженій зоні.

Визначимо можливість та тактику застосування БЛ для моніторингу території після аварії з викидом НХР. Метою моніторингу є побудова картограми зони зараження (визначення межі, за якою перевищено гранично допустимі концентрації НХР). Для цього БЛ необхідно обладнати відповідною реєструючою апаратурою.

Враховуючі тактико-технічні характеристики БЛ серії «Стрепет» [7], доцільним є застосування газоаналізатору «Ганк-4» [10]. Газоаналізатор «Ганк-4» з автономним живленням призначений для автоматичного разового, періодичного або безперервного контролю атмосферного повітря, повітря робочої зони, промислових викидів. Передбачено сигналізацією про перевищення гранично припустимої концентрації. Контрольовані речовини – до 206. Мінімально визначаєма концентрація –  $0,001\text{мг/м}^3$ . Максимально визначаєма концентрація до 20 ПДКр.з. Похибка вимірів – не більше 20 %. Час одного виміру - 10 секунд. Габаритні розміри  $250\times 200\times 150\text{мм}^3$ . Маса - не більше 3,5 кг. Розрахований для роботи при

температурі навколишнього середовища від мінус 50 °С до плюс 50 °С. Газоаналізатор «Ганк-4» випробуваний на орбітальній станції "Мир". Сумісний з комп'ютером.

З точки зору тактики застосування газоаналізатора висота польоту БЛ «Стрепет» повинна бути мінімально можливою.

Траєкторія польоту БЛ визначається формою та розмірами зони зараження. Для визначення параметрів зони зараження використовуємо методику [6].

Форма зони зараження залежить від швидкості вітру. При швидкості вітру менше 0,5 м/с зона зараження має форму близьку до форми кола (рис.1,а), 0,6÷1,0 м/с – напівкола (рис1,б), 1,1÷2,0 м/с – сектора кола з кутом 90° (рис.1,в), більше 2,0 м/с – сектора кола з кутом 45° (рис.1.г).

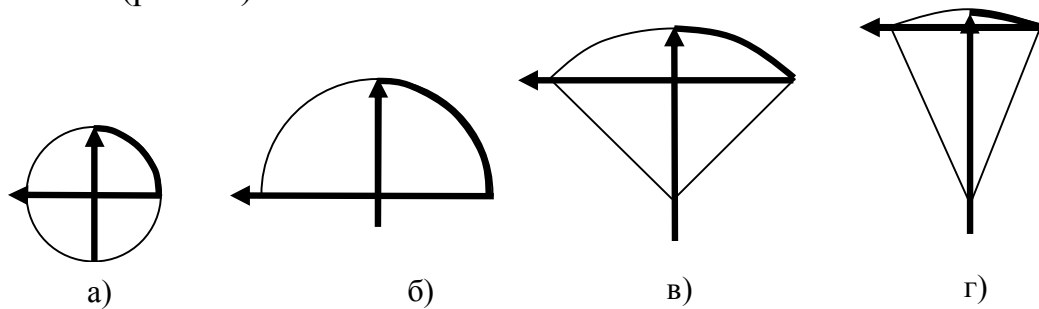


Рис.1. Форма зони зараження при різних швидкостях повітря та пропонуєма траєкторія її обльоту БЛ

Оцінімо довжину шляху польоту БЛ в зараженій зоні.

Глибину зони зараження можливо визначити за формулою:

$$\Gamma_{\tau} = \tau \cdot V_{\text{пер}}, \text{ [км]}, \quad (1)$$

де  $\tau$  - час від початку аварії з викидом НХР, [год],  $V_{\text{пер}}$  - швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря при заданій швидкості вітру  $V$  та ступеня вертикальної стійкості повітря, [км/год]. При інверсії -  $V_{\text{пер}} = 2,2 \cdot V$ , при ізотермії -  $V_{\text{пер}} = 5,81 \cdot V$ , при конвекції -  $V_{\text{пер}} = 7,0 \cdot V$ .

З геометричних міркувань довжина шляху польоту БПЛА в зараженій зоні:

- при швидкості вітру менше 0,5 м/с:

$$L_{0,5} = 4 \cdot \Gamma_{\tau} + \frac{\pi \cdot \Gamma_{\tau}}{2} \approx 5,57 \cdot \Gamma_{\tau}, \quad (2)$$

- при швидкості вітру 0,6÷1,0 м/с:

$$L_{0,6-1,0} = 3 \cdot \Gamma_{\tau} + \frac{\pi \cdot \Gamma_{\tau}}{2} \approx 4,57 \cdot \Gamma_{\tau}, \quad (3)$$

- при швидкості вітру 1,1÷2,0 м/с:

$$L_{1,1-2,0} = \Gamma_{\tau} + \Gamma_{\tau} \cdot \sqrt{2} + \frac{\pi \cdot \Gamma_{\tau}}{4} \approx 3,20 \cdot \Gamma_{\tau}, \quad (4)$$

- при швидкості вітру більше 2,0 м/с:

$$L_{2,0} = \Gamma_{\tau} + 2 \cdot \Gamma_{\tau} \cdot \sin 22,5^{\circ} + \frac{\pi \cdot \Gamma_{\tau}}{8} \approx 2,08 \cdot \Gamma_{\tau}. \quad (5)$$

Знаючи швидкість польоту БЛ (для БЛ «Стрепет-С» крейсерська швидкість біля 170 км/год [7]), визначаємо час його польоту в зоні зараження. Швидкість отримання інформації дозволить скоротити час на прийняття рішення щодо ліквідації наслідків аварії та евакуації населення з зараженої зони.

**Висновок.** Для моніторингу зараженої зони аварії з викидом НХР пропонується застосування БЛ. Оптимальна з точки зору скорочення часу польоту БЛ в зоні зараження траєкторія польоту визначається часом від початку аварії, швидкістю перенесення переднього фронту зараженого повітря та ступеня вертикальної стійкості повітря. Довжина шляху польоту БЛ в зараженій зоні визначається швидкістю вітру та глибиною зони зараження.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про правові засади цивільного захисту: Закон України від 24 червня 2004 року зі змінами. м. Київ. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua>.
2. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – [Введеный 01.01.1977]. – Москва: Изд-во стандартов, 1977. – 5 с. – (Державний стандарт СРСР).
3. Утечка брома в Челябинске [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://lenta.ru/news/2011/09/01/brom1/>
4. Чорний С.В. Обґрунтування радіусу дії безпілотної літака пошуково-рятувальної служби / С.В. Чорний, О.В. Кулаков, В.М. Акулов, Ю.М. Райз // Проблеми надзвичайних ситуацій: Сб. науч. тр. УЦЗ України.– Харьков: Фолио, 2008. – Вып. 8. – С. 7-12.
5. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – [Введеный 01.01.1989]. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 126 с. – (Державний стандарт СРСР).
6. Методика прогнозування наслідків розливу (викиду) хімічно небезпечних речовин при аваріях на промислових об'єктах і

транспорті. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0326-01>.

7. БПЛА "Стрепет" [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.kavr.com.ua./ru/service?id=18>.

8. Акулов В.М. Обґрунтування можливості застосування безпілотних літаків для моніторингу території України під час весняних повеней / В.М. Акулов, О.В. Кулаков, Ю.М. Райз // Проблеми надзвичайних ситуацій: Сб. науч. тр. НУЦЗ України.– Харьков: Фолио, 2010. – Вып. 11. – С. 3-8.

9. Тимчасовий Статут дій у надзвичайних ситуаціях. Частина II. Гасіння пожеж. Органи управління, пожежно-рятувальні підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

10. Газоанализатор «ГАНК-4». [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.nacot.ru/?q=node/254>.

**Акулов В.Н., Кулаков О.В., Райз Е.М. Обоснование применения беспилотных самолетов для мониторинга химической обстановки в зоне чрезвычайной ситуации**

Предложено применение беспилотных самолетов для мониторинга зараженной зоны аварии с выбросом опасных химических веществ. Определена оптимальная траектория полета и длина пути полета беспилотного самолета в зараженной зоне

**Ключевые слова:** беспилотный самолет, наблюдение, газоанализатор

**Akulov V.N., Kulakov O.V., Rayz Y.M. Grounds for pilotless vehicle use for monitoring chemical situation in the emergency area.**

Pilotless vehicle application for emergency monitoring of contaminated area connected with dangerous chemical emission was suggested. Optimal flight path and pilotless vehicle path length in the contaminated area were determined.

**Key words:** pilotless vehicle, monitoring, gas detector.