

*Акулов В.М., Кулаков О.В., кандидат технічних наук, доцент, Райз Ю.М.*

*Національний університет цивільного захисту України*

## **ТАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ ТОРФОВИЩ**

Проаналізовано можливість застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА), обладнаних тепловізійними системами, для моніторингу пожеж торфовищ в Україні. Запропоновано траєкторії польоту БПЛА за наявності та відсутності зовнішніх ознак горіння. Проведено розрахунок траєкторій на прикладі вітчизняного БПЛА «Стрепет-С», обладнаного тепловізійною системою Star Safire II

*Ключові слова: пожежа, торфовище, безпілотний літальний апарат*

**Постановка проблеми.** Забезпечення захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайної ситуації (НС), забезпечення гарантованого рівня безпеки особистості, суспільства і держави є одним з найважливіших завдань Державної політики у сфері цивільного захисту [1]. Для забезпечення виконання цієї задачі необхідне своєчасне виявлення місць виникнення НС, яке, як правило, вирішується шляхом спостереження.

Пожежа на торфовищі – один з видів НС. Код цієї НС за класифікатором [2] – 20530. В Україні виявлено і розвідано 1562 торф'яних родовищ з загальними запасами 1853 млн. т, а загальна їх площа складає 639,5 тис. га [3]. Близько 96% торф'яних ресурсів України відноситься до низового типу, 1,8% – верхового, 1,6% – перехідного і 0,6% – змішаного. Найбільші ресурси торфу зосереджені в північних регіонах країни (на Поліссі) – Волинській, Рівненській, Сумській, Чернігівській і Житомирській областях. На їх території виявлено і розвідано 1056 родовищ, запаси яких складають 1160 млн. тонн. В Західному і Східному Поліссі переважають середні за площею родовища (200-1000 га), Центральному Поліссі (Київська і Житомирська області) – родовища невеликі (до 100 га). Пожежі торфовищ виникають щорічно; зокрема влітку засушливого 2010 року горіли торфовища в Київській області на площі біля 15 га [4].

Своєчасне виявлення пожеж торфовищ та їх меж для України є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень.** Для спостереження за протипожежним станом торфовищ можливе використання літальних апаратів, у тому числі безпілотних [5, 6]. Перевагою БПЛА над літаками, що пілотуються, є можливість старту з необладнаних майданчиків невеликих розмірів. Це дозволяє реалізувати регіональне розташування таких літаків без додаткової підготовки місць базування. БПЛА є компактною, легкою системою для вирішення, перш за все, військових задач, але може застосовуватися у всіх сферах, де потрібне спостереження і збір інформації на відстанях. БПЛА випускаються як закордонними [7] так і вітчизняними виробниками [8]. Для визначення меж пожеж торфовищ доцільно використання бортової тепловізійної техніки. Тепловізійна система Star Safire II є найбільш відпрацьованою [9]. Вона дозволяє отримувати якісне зображення у реальному часі. Основні технічні характеристики тепловізійної системи Star Safire II: розміри – 445x383 мм; вага – 44,5 кг; кут візування по азимуту – 360 °; кут візування по тангажу – +30°...-120°; максимальна швидкість повітряного потоку – 750 км/час; мережа живлення – 18-32 В постійного струму; поле зору (гор. x верт.) – широке 25,2°x18,8°, середнє 3,4°x2,6°, вузьке 0,8°x0,6°; розрізнення – 640x480.

**Постановка задачі та її розв'язання.** Розглянемо можливість застосування БПЛА, обладнаного тепловізійною системою Star Safire II, для моніторингу пожеж торфовищ.

Виходячи з тактико-технічних характеристик системи Star Safire II, для її розташування необхідний БПЛА з корисним навантаженням від 44,5 кг. Це може бути, наприклад, БПЛА «Dominator» (система MALE на платформі DA42), БПЛА «Aerolight», БПЛА вертикального зліту та посадки «Picador» [7] або вітчизняний БПЛА «Стрепет» [8].

Пожежа торфовища може сягати великих розмірів (десятки гектар). Тому необхідно обрати траєкторії польоту БПЛА з встановленою тепловізійною

системою для швидкого визначення межі пожежі торфовища.

За наявності зовнішніх ознак горіння (наприклад, дим) доцільний запуск БПЛА безпосередньо в напрямку пожежі. Після захвату тепловізійною системою зміни температури земної поверхні, пропонується траєкторія польоту БПЛА за Архімедовою спіраллю (рис. 1,а). Архімедова спіраль – крива, яку описує точка при її рівномірному русі зі швидкістю  $v$  по променю, що рівномірно обертається з постійною кутовою швидкістю  $\omega$  в площині навколо полюсу [10]. Рівняння Архімедової спіралі у полярних координатах має вигляд

$$\rho = k \cdot \varphi,$$

де  $k$  – зсув точки при її русі по променю при повороті на кут, якій дорівнює одному радіану. Повороту прямої на кут  $2 \cdot \pi$  відповідає зсув  $a = 2 \cdot k \cdot \pi$ , де  $a$  – крок спіралі. Тоді рівняння Архімедової спіралі:

$$\rho = \frac{a}{2\pi} \cdot \varphi.$$

Площа фігури, обмеженої першим витком спіралі:

$$S = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot a^2.$$

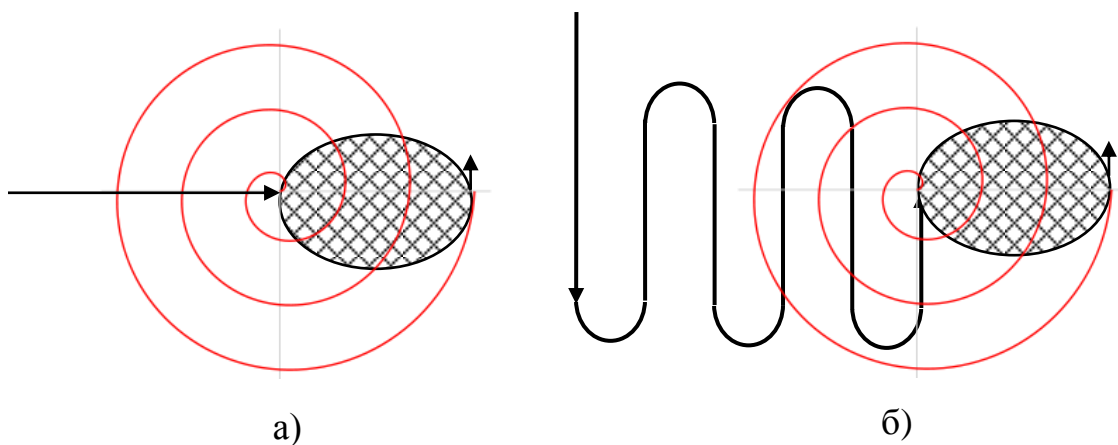


Рис. 1 – Траєкторія польоту БПЛА (штрихом позначено площа пожежі торфовища)

Ширина смуги спостереження (крок Архімедової спіралі) визначається з геометричних міркувань за формулою  $a = 2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$ . Ширина смуги спостереження приведена на рис. 2.

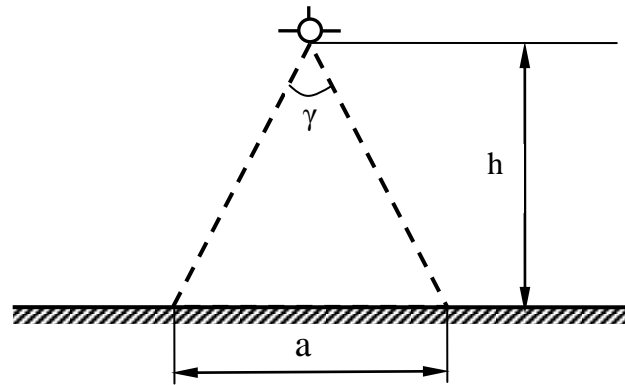


Рис. 2 – Смуга спостереження БПЛА:  $h$  – висота польоту БПЛА,  $a$  – ширина зони спостереження (дорівнює кроку Архімедової спіралі),  $\gamma$  – горизонтальне поле зору тепловізійної системи

Наприклад, у БПЛА «Стрепет-С»: крейсерська швидкість –  $v_1=170$  км/год, оптимальна висота польоту –  $h=2000$  м [8]. При широкому горизонтальному полі зору ( $\gamma=25,2^\circ$ ) системи Star Safire II на оптимальній висоті польоту ширина смуги спостереження  $a=892$  м; траєкторія польоту БПЛА визначається формулою:

$$\rho = \frac{892}{2 \cdot \pi} \cdot \varphi;$$

площа фігури, обмеженої першим витком спіралі  $S \approx 83,3$  га. Політ за такою траєкторією дозволяє грубо визначити межу великої пожежі торфовища.

При середньому горизонтальному полі зору ( $\gamma=3,4^\circ$ ) системи Star Safire II на оптимальній висоті польоту ширина смуги спостереження  $a=119$  м; траєкторія польоту БПЛА визначається формулою:

$$\rho = \frac{119}{2 \cdot \pi} \cdot \varphi;$$

площа фігури, обмеженої першим витком спіралі  $S \approx 1,4$  га. Політ за такою траєкторією дозволяє визначити межу пожежі торфовища з достатньою точністю.

При вузькому горизонтальному полі зору ( $\gamma = 0,8^\circ$ ) системи Star Safire II на оптимальній висоті польоту ширина смуги спостереження  $a = 28$  м; траєкторія польоту БПЛА визначається формулою:

$$\rho = \frac{28}{2 \cdot \pi} \cdot \varphi;$$

площа фігури, обмеженої першим витком спіралі  $S \approx 0,08$  га. Політ за такою траєкторією доцільний для уточнення меж пожежі торфовища.

За відсутності зовнішніх ознак горіння доцільний запуск БПЛА за траєкторією «змійка» до моменту захвату тепловізійною системою зміни температури поверхні землі, після чого польот БПЛА виконується за розглянутою вище Архімедовою спіраллю (рис. 1,б). Ширина змійки дорівнює розрахованій вище ширині смуги спостереження для різних горизонтальних полів зору тепловізійної системи.

**Висновки.** Для спостереження за протипожежним станом торфовищ можливо застосування БПЛА, обладнаного тепловізійною системою. За наявності зовнішніх ознак горіння доцільний запуск БПЛА безпосередньо в напрямку пожежі; після захвату тепловізійною системою зміни температури поверхні землі, пропонується траєкторія польоту БПЛА за Архімедовою спіраллю. За відсутності зовнішніх ознак горіння доцільний запуск БПЛА за траєкторією «змійка» до моменту захвату тепловізійною системою зміни температури поверхні землі, після чого також пропонується траєкторія польоту БПЛА за Архімедовою спіраллю.

### Список літератури

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. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій: ДК 019-2001. – [Чинний від 01-03-2002]. – Київ: Держстандарт України, 2002. – 19 с. – (Державний класифікатор України).

3. Торф и сапропель Украины [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.photoukraine.com/russian/articles?id=137/>.

4. Возле Киева горит торф и трава. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://now-inform.com/news/24/>.

5. Чорний С.В. Обґрунтування радіусу дії безпілотного 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.

6. 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, В.С. Хоменко // Проблеми надзвичайних ситуацій: Сб. науч. тр. НУЦЗ України. – Харьков: Фолио, 2010. – Вып. 11. – С. 3-8.

7. БПЛА [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://abtix.ru/index.php?option=com\\_content&view=section&layout=blog&id=10&Itemid=59](http://abtix.ru/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=10&Itemid=59).

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

9. Тепловизионная система Star Safire II [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.pergam.org/equipment/view/aviagio/441//>.

10. Справочник по метематике для инженеров и учащихся ВТУЗов. – Москва: Наука, 1964. – 608 с.