

*Акулов В.М., викл., УЦЗУ,
Кулаков О.В., канд. техн. наук, заст. нач. каф., УЦЗУ,
Райз Ю.М., викл., УЦЗУ,
Сацюк Д.В., аспірант, ХНУРЕ,
Чорний С.В., канд. техн. наук, пров. наук. співр., ХНУРЕ*

**ВИКОРИСТАННЯ АЕРОСТАТІВ ТА АЕРОЗОНДІВ
ДЛЯ ПОВІТРЯНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТАНОМ ТЕРИТОРІЇ**
(представлено д-ром техн. наук Яковлевою Р.А.)

На прикладі спостереження за протипожежним станом лісових масивів проаналізовано існуючу в Україні систему спостереження за станом її території. Розглянуто перспективи використання прив'язних аеростатів та аерозондів для організації в країні цілодобового повітряного спостереження

Постановка проблеми. Сучасний стан суспільства характеризується зростанням втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризики надзвичайних ситуацій (НС) природного і техногенного характеру постійно зростають, що суттєво впливає на всі сфери суспільного життя. Забезпечення захисту населення і територій у разі загрози та виникнення НС, забезпечення гарантованого рівня безпеки особистості, суспільства і держави є одним з найважливіших завдань державної політики у сфері цивільного захисту [1].

За територією Україна є найбільшою державою Європи - її площа становить 603 тис. км². Одним із головних завдань цивільного захисту є своєчасне виявлення місць виникнення НС. Воно, як правило, вирішується шляхом спостереження. Останнім часом все ширше використовуються літаки різних класів [2]. Однак існуюча система спостереження, на наш погляд, не дозволяє у повній мірі забезпечити цілодобове спостереження. Суттєвим її доповненням може стати використання прив'язних аеростатів та аерозондів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз світових тенденцій розвитку повітроплавних засобів [3-7] свідчить, що інтерес до використання літальних апаратів (ЛА), легших за пові-

тря, з метою виконання завдань повітряного спостереження постійно зростає.

Провідні країни світу, зокрема США, разом з пілотованими та безпілотними ЛА використовують велику кількість аеростатів. Наприклад, фірма “Naval Electronics & Surveillance Systems” (США) виготовляє і постачає аеростати цивільним організаціям та силовим структурам. Найбільш сучасний з них - типу 420К - може знаходитись в повітрі до тижня, його бортова апаратура включає радіолокаційну станцію з дальністю дії до 300 кілометрів, інфрачервоні та оптико-електронні системи спостереження. Військово-повітряні сили США у 2002 році підписали контракт з цією фірмою на суму 79 мільйонів доларів про встановлення на аеростатах 420К трьох-координатної РЛС L – 88. Ці повітроплавні ЛА входять у систему TARС (Tethered Aerostat Radar System – радіолокаційна система на прив'язних аеростатах), яка забезпечує контроль всього південного повітряного кордону США. При цьому користувачами інформації є всі зацікавлені відомства.

Як правило, аеростат піднімається і опускається за допомогою лебідки, електроживлення забезпечується по кабель-тросу. Прийнята інформація передається на пункти її обробки по радіоканалах. Таким чином, типова схема застосування аеростатів вимагає створення наземних базових станцій.

Сучасні аеростати заповнюються гелієм, що забезпечує їх пожежну безпеку. Метеорологічна розвідка своєчасно подає дані, щоб вчасно опускати аеростат у випадку наближення шторму. Готовність аеростатів США становить близько 98 %.

Звичайно у аеростатів є й обмеження. Так від безпілотних літаків пошуково-рятувальної служби [8] їх відрізняє менша мобільність. В той же час використання аеростатів дає можливість суттєво економити кошти на цілодобове повітряне спостереження.

Постановка завдання та його вирішення. Розглянемо можливість використання аеростатів та аерозондів для цілодобового повітряного спостереження на прикладі спостереження за протипожежним станом лісових масивів (лісова пожежа – один з видів НС, код цієї НС за ДК-019 2001 – 20510).

Аналіз статистичних даних [1] свідчить про те, що проблема захисту лісових масивів на території України залишається актуальною. Ліси і торфовища займають більш ніж 10 мільйонів гектарів (10^5 км²) її території. Щорічно виникає 3,5 тисячі лісових пожеж, що знищують більш 5 тис. гектарів лісу. Близько 90% лісових

пожеж виникають у 10 - кілометровій приміській зоні, з них 60% - у 5-кілометровій зоні, у 90% випадків причиною яких є необережність чи зловмисність людини.

Одним із головних завдань у боротьбі з лісовими пожежами є своєчасне виявлення місць загоряння.

Визначимо характеристики аеростату для вирішення завдань протипожежного спостереження за станом лісових масивів.

Щоб отримати дані про об'єкти, що спостерігаються, можливо використовувати фотоапаратуру перспективної зйомки або засоби радіотехнічного спостереження (зокрема радіолокаційні станції (РЛС)). При використанні аеростатів слід враховувати рельєф місцевості, висоту на яку можливо реально підняти аеростат (від висоти розташування засобів спостереження залежить їх дальність дії). Відомо [9], що максимальна відстань між двома об'єктами $D_{нев}$, при якій забезпечується пряма видимість, внаслідок сферичності земної кулі пов'язана з висотами розташування об'єктів H_1 та H_2 (усі відстані вимірюються у км)

$$D_{нев} \approx 113 \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}). \quad (1)$$

При висоті підйому аеростату H_2 від 1 км до 5 км [3-7] та висоті об'єкта спостереження $H_1=0$ км максимальна похила дальність дії його систем спостереження над наземними об'єктами складатиме $D_{нев}=113 \div 253$ км.

Виходячи з цього, надамо оцінку необхідної кількості пунктів спостереження за станом лісових масивів для України в цілому. Припустимо, що апаратура спостереження має зону спостереження у вигляді кола. Тоді площа району спостереження $P_{нев}$ (км²) може бути визначена з (1) з геометричних міркувань

$$P_{нев} \approx 3.14 \cdot (((113 \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}))^2 - (H_2 - H_1)^2). \quad (2)$$

Таким чином, для означених вище висот площа району спостереження складатиме від 40112 км² до 200496 км². У такому випадку загальна найменша (ідеальна) кількість пунктів спостереження за територією України складатиме від 15 до 3, а для території лісових масивів від 3 до 1.

Проте обмеження дальності дії систем спостереження виникають не тільки внаслідок сферичності Землі. Стан атмосфери

Використання аеростатів та аерозондів для повітряного спостереження за станом території

(зокрема хмарність) впливає на дальності спостереження усіх без винятку сучасних систем спостереження. При виборі висоти спостереження слід враховувати метеорологічні умови району спостереження, зокрема ймовірні висоти появи хмарності, а також реальну дальність видимості для конкретних систем спостереження.

Виходячи з того, що для європейської частини континенту найбільш ймовірні висоти появи хмар на протязі року складають 1000 м та вище [10], для аеростату або аерозонду можна рекомендувати висоти підйому не вище за 1000 м.

Найменшу дальність спостереження мають системи оптичного видимого діапазону (0,4-0,75мкм). Наприклад, для району м. Харків у серпні 2008 року (за даними www.wunderground.com) метеорологічна дальність видимості не перевищувала 20 км. Доцільна висота H_2 підйому аеростату у разі використання систем спостереження з обмеженою дальністю дії $D_{зад}$ з (1) визначається, як

$$H_2 \approx (D_{зад} / 113 - \sqrt{H_1})^2. \quad (3)$$

Тоді, для вказаних умов спостереження висота підйому аеростату складатиме, згідно з (3) лише 31м, площа зони спостереження становитиме 1257м², кількість пунктів спостереження для загальної площі лісових масивів складатиме 80 одиниць, а для території України - 480 одиниць. Таким чином, кількість пунктів спостереження коливатиметься у межах 15-480 для території України та 3-80 для загальної площі лісових масивів в залежності від максимальної дальності спостереження використаних систем.

Важливою характеристикою аеростату, що характеризує його вантажні можливості, є відношення його об'єму до ваги корисного навантаження

$$P = \frac{V}{M}, \quad (4)$$

де P - питомий об'єм на одиницю ваги корисного навантаження, м³/кг; V – об'єм аеростату, м³; M – корисне навантаження, кг.

У таблиці 1 наведено характеристики аеростатів фірми “Naval Electronics&Surveillance Systems” (США). Аналіз наведених характеристик дозволяє зробити висновок про те, що для аеростатів з висотою підйому до 1000 м достатнім є питомий об'єм 4,13 м³/кг, а для висот до 5000 м – 13÷16 м³/кг.

Акулов В.М., Кулаков О.В., Райз Ю.М., Сацюк Д.В., Чорний С.В.

Таблиця 1 – Характеристики аеростатів фірми “Naval Electronics & Surveillance Systems” (США)

Тип аеростату	56К	275К	420К	
Питомий об'єм, [м ³ /м]	4,13	16,35	6,61	13,10
Висота, [м]	900	4000	3000	5000

Таким чином, при типовій вазі сучасної станції повітряного спостереження у 11,5 кг, достатній об'єм аеростату складатиме 48 м³ для висот підйому до 1000 м, і, відповідно, 184 м³ для висот підйому до 5000 м.

У разі використання найбільш сучасних малогабаритних телевізійних або цифрових фотографічних систем спостереження корисна вага може складати всього 0,1-0,5 кг (наприклад, Інтернет-орієнтована безпроводна цифрова відеокамера фірми Dlink DCS-2120 з передачею інформації по WiFi каналах). У цьому випадку для підйому можуть бути використані взагалі метеорологічні аерозонди. Перевагою використання метеорологічних зондів у порівнянні з прив'язними аеростатами є можливість оперативного нарощування їх об'єму завдяки одночасному використанню кількох аерозондів одночасно. Мініатюризація оптико-електронних систем спостереження дає змогу зменшити витрати на наземне обладнання станції запуску повітроплавних засобів протипожежного спостереження до рівня одного робочого місця.

Якість зображення місцевості визначається розв'язуючою спроможністю апаратури спостереження. Для РЛС добре відображення місцевості забезпечується, якщо лінійне розв'язання δD РЛС по дальності та азимуту задовольняє вимогам [9]

$$\delta D \leq 0,1 \cdot l \text{ та } \delta l_{аз} = \theta \cdot D \leq 0,1 \cdot l. \quad (3)$$

де l - лінійний розмір пожежі, $l_{аз}$ - елемент розв'язання за азимутом, θ - азимут.

Чітке розпізнавання цілі у вигляді площини та її конфігурацію (лісова пожежа) забезпечується, якщо на її поверхні укладається не менше 100-200 елементів розв'язання РЛС ($\delta D \times \delta l$).

Слід зауважити, що до радіоелектронного обладнання аеростатів та аерозондів у порівнянні з іншими ЛА пред'являються менш жорсткі вимоги відносно стійкості до вібрацій та перевантажень. Проте є проблема стабілізації платформи з обладнанням.

Використання аеростатів та аерозондів для повітряного спостереження за станом території

Висновки. Використання прив'язних аеростатів та аерозондів у поєднанні з сучасними системами спостереження можна розглядати як один з перспективних напрямів розвитку систем цілодобового спостереження, зокрема за протипожежним станом лісових масивів та території держави в цілому.

Таким чином, для України аеростати та аерозонди рятувального спостереження можуть стати оптимальною технікою по ефективності застосування та ціною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки України у 2007 році. // Сайт МНС України www.mns.gov.ua.
2. Маховський О. Ті, що атакують вогонь із повітря // Пожежна безпека. – 2008. - №8(107). - С. 2-3.
3. Номенклатура аеростатів фірми TARS // Сайт www2.acc.af.mil.
4. Аеростати фірми HOTAIR // Сайт www.hotairballooning.org.
5. Аеростати фірми TCOMLP // Сайт www.tcomlp.com.
6. Аеростати фірми NBC // Сайт www.nbc4.com.
7. Аеростати фірми BOSCHAERO // Сайт www.boschaero.com.
8. Акулов В.М., Кулаков О.В., Райз Ю.М., Чорний С.В. Обґрунтування радіусу дії безпілотного літака пошуково-рятувальної служби // Проблеми НС: Сб. науч. тр. АЦЗ України. Вып. 7. – Харьков: Фолио, 2008. с.13-17.
9. Авиационное радиоэлектронное оборудование. Под ред. Н.Т. Василенко. – М.: ВВИА им. Н.Е.Жуковського. - 264 с.
10. Атлас метеорологических данных / Под гл. ред. Борисенкова Е.П. – М.: Военное издательство, 1991. – 440 с.
nuczu.edu.ua