

УДК 625.72

¹А.О. Белятинський, д.т.н., проф.²Є.Б. Угненко, д.т.н., проф.³О.Ю. Панченко, д.ф.-м.н., доц.⁴Ю.М. Ульянов, к.т.н., с.н.с.⁵В.Л. Місайлов, к.т.н., с.н.с.

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВІТРУ ДЛЯ ВИШУКУВАНЬ І ПРОЕКТУВАННЯ АЕРОДРОМІВ ТА ВЕРТОДРОМІВ

¹Національний авіаційний університет²Харківський національний автомобільно-дорожній університет³Харківський національний університет радіоелектроніки⁴Національний технічний університет «ХПІ»⁵Харківський університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба¹E-mail: beljatynskij@mail.ru²E-mail: j.ugnenko@mail.ru³E-mail: panchenko-a-yu@yandex.ru⁴E-mail: ulyanov@kpi.kharkov.ua⁵E-mail: misaylov@ukr.net

Визначено вимоги до просторово-часових інтервалів отримання даних про швидкість вітру, його напрям та параметри турбулентності, що необхідні для забезпечення вишукувань і проектування аеродромів та вертодромів. Показано, що для отримання такої інформації найбільш придатними є системи акустичного та радіоакустичного зондування атмосфери.

Ключові слова: акустичне випромінювання, вимірювання, вишукування і проектування аеродромів та вертодромів, вітер, радіоакустичне зондування.

Постановка проблеми

Повітряні перевезення є найшвидшим способом доставки пасажирів та вантажів.

Для функціонування авіаційного транспорту важливим є наявність розвиненої наземної інфраструктури, тобто аеродромів, вертодромів та зручних під'їзних шляхів до них [1–3].

Вибір місця будівництва майбутнього аеродрому (вертодрому) має задовольняти вимоги економічної доцільності та безпеки експлуатації.

Авіація такий вид транспорту, що найбільше залежить від погоди.

За різними оцінками до 20 % авіаційних подій спричинені несприятливими погодними умовами, серед яких приблизно 75 % пов'язано з рухом повітря. До 60 % авіаційних подій відбувається на етапах зльоту та посадки, тобто в зоні аеродромного руху.

Щоб запобігти негативному впливу погодних чинників на безпеку польотів застосовується оповіщення екіпажів повітряних суден (ПС) про поточні метеорологічні умови на аеродромі [4].

Можливо також обмеження або заборона польотів ПС певних класів та з екіпажами певного рівня підготовки.

Наслідком таких організаційних заходів є зменшення використання аеродрому (вертодрому), що призводить до економічних втрат.

Правильний вибір місця будівництва майбутнього аеродрому (вертодрому) дозволяє ще на етапі проектування мінімізувати можливий негативний вплив місцевих мікрометеорологічних умов на безпеку польотів, але для цього потрібна інформація, зокрема про розподіл вітру в часі та просторі.

Аналіз досліджень і публікацій

Відповідно до роботи [5], інженерні вишукування для будівництва на території України включають інженерно-метеорологічні вишукування, які містять:

- визначення кліматичних характеристик території (розподіл швидкостей, напрямків вітру та швидкості вітру на рівні земної поверхні й на висотах);
- оцінювання ймовірності проявів на цій території небезпечних метеорологічних явищ і процесів;
- прогнозування небезпечних явищ і оцінювання очікуваних для об'єкта ризиків;
- оцінювання на майданчику проектового об'єкта мікрокліматичних умов, випарів у атмосферу, особливостей розсіювання шкідливих домішок і забруднення атмосферного повітря.

Результати інженерно-метеорологічних вишукувань мають характеризувати весь період спостережень на відповідних метеостанціях, доповнювати або замінити відсутність метеоспостережень.

Матеріали спостережень мають бути репрезентативними для довколишньої до об'єкта території з урахуванням географічної зональності.

Обов'язковим є виявлення мікрокліматичних особливостей місцевості безпосередньо на майданчику об'єкта з урахуванням впливу:

- рельєфу;
- водойм;
- міської забудови;
- промислових підприємств тощо.

Для деяких видів інженерних вишукувань у роботі [5] наведено рекомендації зі строків спостережень та методів досліджень.

Інформації відносно інженерно-гідрометеорологічних вишукувань немає.

У роботі [1] рекомендовано спиратися на достовірні статистичні дані про розподіл вітру за максимально можливий за тривалістю період. Дані варто отримувати в результаті не менше восьми вимірювань у день. Також необхідно мати інформацію про пориви вітру.

Мета роботи – визначення вимог до методів та засобів отримання інформації про вітер для забезпечення вишукувань і проектування аеродромів, вертодромів та доріг, а також вибір оптимальних із уже існуючих.

Вимоги до методів та засобів отримання даних про вітер

Відповідно до роботи [6] для забезпечення безпеки польотів потрібні дані про:

- вітер в зоні аеродрому;
- заходження на посадку;
- відхід на друге коло;
- набирання висоти.

Згідно з роботою [7] за результатами спостережень визначаються напрямки і швидкість вітру на висоті 100 м і на рівні аеродромного кола польотів.

Розміри області простору, з якої потрібно мати дані про вітер, залежать від типу ПС, для обслуговування яких призначений аеродром, і рельєфу місцевості.

З аналізу робіт [1–4; 8] та даних про існуючі аеродроми розміри такої області приблизно становлять:

- радіус до 15 км від центру злітно-посадової смуги (ЗПС);
- висота від 2 до 1000 м від рівня ЗПС.

Дані потрібно мати за максимальний часовий період (бажано не менше п'яти років).

Вимірювання слід проводити кожні 3 год, через рівні відрізки часу. Також потрібні дані про турбулентність (динамічну C_v^2 , та термічну C_T^2). Просторовий інтервал вимірювань у горизонтальній площині повинен становити не більше 20 км [4; 7]. Похибки вимірювання швидкості вітру σ_v не гірше 0,5 м/с, напрямку σ_ϕ – не гірше ніж 10 град. Роздільна здатність за висотою $\Delta h \leq 30$ м.

Засоби отримання метеорологічної інформації

Узагальнені відомості про сучасні засоби вимірювання швидкості та напрямку вітру наведено в табл. 1.

Наземні станції мають входити до будь-якої системи збору метеорологічної інформації для отримання даних про приземний вітер, але область їх використання цим і обмежується.

Таблиця 1

Основні характеристики засобів вимірювання швидкості та напрямку вітру

Засіб вимірювання	Вимірювані величини	Висота вимірювань, м		Роздільна здатність за висотою Δh , м	Похибка вимірювань			Вартість, \$	Обмеження застосування
		max	min		σ_v , м/с	σ_φ , град	σ_T , °C		
Автоматична метеорологічна станція наземного обслуговування VAISALA AWS Logger QML102	\vec{V}, C_v^2, T, u, p	10	2	–	0,1	5	0,07	60 тис.	Локальні вимірювання
Радіозонди, що скидаються на парашутах, Vaisala Dropsonde RD93	V, T, u, p	3000	2	6	0,5	–	0,2	100	–
Локатор «ясного неба» Vaisala Wind Profiler LAP@-3000	\vec{V}, C_v^2, C_N^2	3000	120	60	1	10	–	500 тис.	Високий енергетичний потенціал
Доплерівський LIDAR Wind Tracer Фірми Lockheed Martin	\vec{V}, C_v^2, C_T^2	3000	100	50	0,5	5	–	1 млн.	Серпанок, туман, опади
Акустичний локатор Metek Doppler-SODAR PC2000-24	\vec{V}, C_v^2, C_T^2	1000	15	10	0,3	5	–	30 тис.	Опади, зовнішні шуми
Радіоакустичний локатор Metek RASS 1290 MHz	\vec{V}, C_v^2, T, C_T^2	1000	15	10	0,3	5	0,3	70 тис.	–

Вартість отримання даних за допомогою радіозондів становитиме приблизно 800 \$/д (1,5 млн. \$ за цикл вишукувань).

Радіолокатор «ясного неба» Wind Profiler (WP) має високий енергетичний потенціал, що обмежує можливість його використання в районах, близьких до житлової забудови, та не відповідає вимогам просторового розділення.

Використання лазерних локаторів (лідарів) обмежене через їх високу вартість та чутливість до погіршення прозорості повітря.

На рис. 1 та 2 показано розподіл метеорологічної дальності видимості (МДВ) на території України.

Статистичний аналіз виконано за даними 64 метеостанцій за період з 1959 по 2009 рр.

З аналізу гістограм (рис. 1, 2) випливає, що розподіл метеорологічної дальності видимості на території України не підпорядковується нормальному закону. Значення МДВ, менші за середнє, спостерігаються частіше, ніж значення, більші за середнє.

При розрахунку технічних характеристик пристроїв візуального спостереження як вихідні дані треба брати гарантовані значення МДВ, тобто такі, що будуть перевищені в певній кількості випадків.

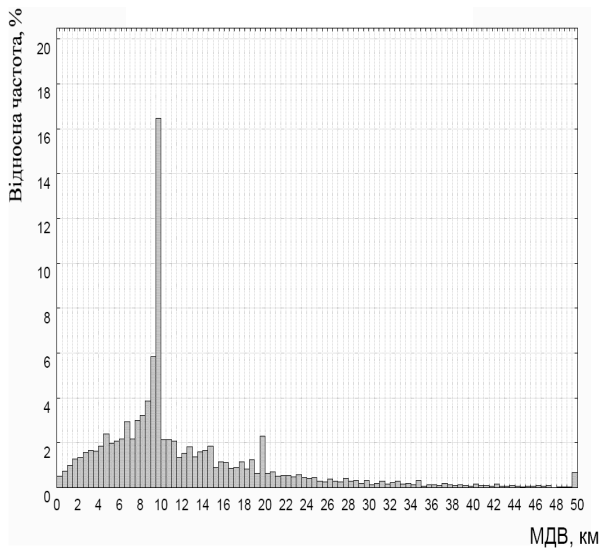


Рис. 1. Гістограма розподілу метеорологічної дальності видимості на території України

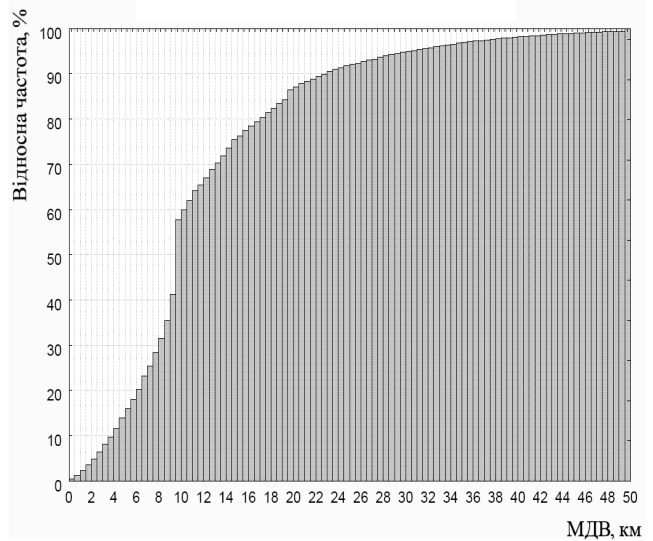


Рис. 2. Кумулятивний розподіл метеорологічної дальності видимості на території України

Для території України гарантованими значеннями метеорологічної дальності видимості будуть у 99% випадків (361 день на рік) – 0,5 км, 95% випадків (346 днів на рік) – 2,5 км, 80% випадків (292 днів на рік) – 6,5 км, 70% випадків (255 днів на рік) – 8 км.

Таким чином, застосування оптичних засобів для вимірювання вітру є обмеженим.

Засоби вимірювання, в яких використовується акустичне випромінювання відповідають точнісним вимогам та мають помірну ціну. Це зумовлено високим ступенем взаємодії звуку з атмосферою.

Високу чутливість показника заломлення N для акустичних хвиль до змін параметрів атмосфери показано в табл. 2.

Таблиця 2

Зміна показника заломлення ΔN для випромінювання різних діапазонів при зміні метеопараметрів

Параметр	Зміна параметру	ΔN (приблизно)		
		Акустика	Радіо	Оптика
Температура	1 К	1700	1	1
Вологість	1 мб	140	4	0,04
Вітер	1 м/с	3000	2×10^{-6}	2×10^{-6}

Акустичний передавач формує звукову послітку (ЗП), яка через антенний комутатор надходить в акустичну антену та випромінюється у простір (рис. 3).

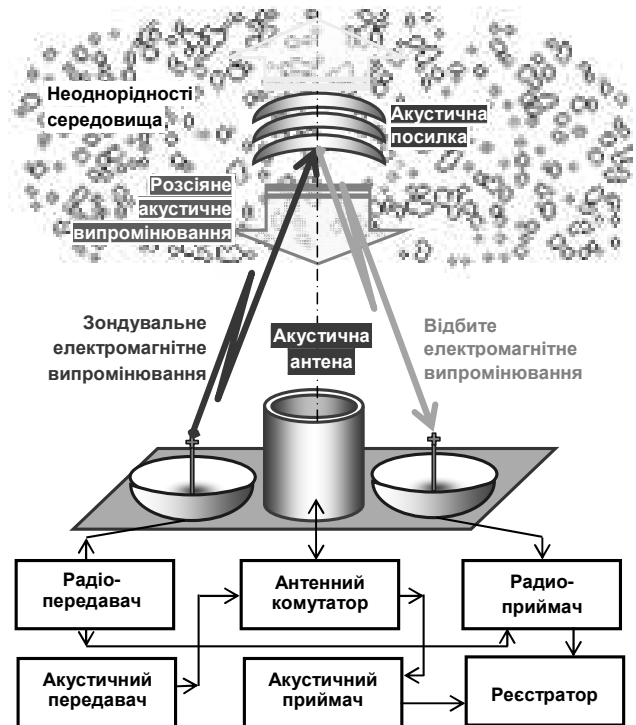


Рис. 3. Принцип організації комплексного радіоакустичного зондування

У результаті поширення звуку в атмосфері відбувається модуляція щільності повітря і, як наслідок, його показника заломлення для радіохвиль.

Одночасно ЗП локується доплерівським радіолокатором.

За параметрами відбитого сигналу можливо визначити швидкість поширення звуку, яка пов'язана з температурою та швидкістю руху повітря.

Частина енергії ЗП розсіюється природними неоднорідностями атмосфери.

За параметрами розсіяного у зворотному напрямку та прийнятого акустичного випромінювання визначається швидкість руху повітря у напрямку зондування.

Виконуючи зондування не менш ніж у трьох напрямках та комплексуючи результати акустичних і радіовимірювань, можна визначити [9]:

- повний вектор швидкості вітру;
- температуру повітря;
- параметри вітрової і термічної турбулентності;
- їх розподіл за висотою зондування.

Зовнішній вигляд такої системи показано на рис. 4 [9].



Рис. 4. Похиле радіоакустичне зондування атмосфери з використанням статичної комбінованої кільцевої антени

Висновки

Під час вибору місця будівництва майбутнього аеродрому (вертодрому) необхідно мати дані про вітер та його розподіл у просторі та часі. Розміри області простору, з якої потрібно мати інформацію, залежать від типу ПС, для обслуговування яких призначений аеродром, і орографії місцевості (радіус до 15 км від центру ЗПС, висота від 2 до 1000 м від рівня ЗПС).

Ураховуючи довгостроковість вимірювань засіб для їх здійснення повинен мати невелику вартість. Указаним вимогам найбільшою мірою відповідають системи акустичного і радіоакустичного зондування атмосфери.

Література

1. *Приложение 14 к Конвенции о Международной гражданской авиации*. Т. 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов. – 5-е изд. – Монреаль: ICAO, 2009. – 352 с.

2. *Приложение 14 к Конвенции о Международной гражданской авиации*. Т. 2. Вертодромы. – 3-е изд. – Монреаль: ICAO, 2009. – 110 с.

3. *Руководство по вертодромам* Doc 9261-AN/903. – 3-е изд. – Монреаль: ICAO, 1995. – 107 с.

4. *Руководство по авиационной метеорологии* Doc 8896-AN/893. – 7-е изд. – Монреаль: ICAO, 2006. – 174 с.

5. *ДБН А.2.1-1-2008*. Державні будівельні норми України. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 74 с.

6. *Наказ міністра транспорту України «Про затвердження Повідомлень щодо обслуговування повітряного руху - Авіаційні правила України»*. Ч. 85 №199 від 25.03.2002. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10 квітня 2002 р. за N 354/6642. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z0354-02>.

7. *Правила метеорологічного забезпечення авіації, затверджені наказом Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації, Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, Міністерства оборони України 14.11.2005 N 851/409/661*. Зареєстровані в Міністерстві юстиції України 22 грудня 2005 р. за №1546/11826. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z1546-05&p=1292938107775783>.

8. *Руководство по сдвигу ветра на малых высотах* Doc 9817-AN/449. – 1-е изд. – Монреаль: ICAO, 2005. – 258 с.

9. *Пристрій для радіоакустичного зондування атмосфери*: пат. 46150 Україна / Ю.М. Ульянов, С.В. Бутакова, В.С. Бедін.; заявл. 13.12.1999; опубл. 15.05.2002. – Бюл. № 5. – 6 с.