

УДК 621.341

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.2.1/31>

Бойко С. М.

Національний університет «Запорізька політехніка»

Бойко О. С.

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

Реута А. В.

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

Васін І. І.

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

Дєрябіна І. О.

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

Самохліб О. О.

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

ПРИНЦИПИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУЧАСНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

Стаття присвячена питанням дослідження особливостей експлуатації сучасних безпілотних літальних комплексів та розроблення рекомендацій щодо організації їх ефективної та безпечної експлуатації з урахуванням аспектів можливих реновацій об'єктів аеродромної інфраструктури та сучасного обладнання. У статті визначено основні вимоги, що пред'являються до безпілотних літальних комплексів та їх складу для проведення досліджень різних об'єктів. Акцентовано увагу на те, що одним із важливих елементів є аеродромне забезпечення безпілотних літальних комплексів, а саме енергетичне. У статті, особлива увага привертається до зовнішніх збурень, котрі мають вплив на системи навігаційного забезпечення, програмного забезпечення та діючих систем та механізмів безпілотних літальних комплексів. Такий стан справ пропагує постійний контроль за курсом руху літального апарату та відслідковування параметрів польоту у процесі його експлуатації. Тож, авторами була запропонована функціональна схема використання безпілотних літальних комплексів для дослідження та моніторингу різних об'єктів. Також, авторами запропоновано структуру послідовності дій при експлуатації безпілотних літальних комплексів під час використання для дослідження та моніторингу різних об'єктів. В даній роботі проаналізовано сучасні особливості застосування безпілотних літальних комплексів при використанні їх для виконання завдань у місіях у різних сферах економіки. Проаналізовано сучасні можливості щодо енергетичного забезпечення аеродромної інфраструктури електропостачанням з використанням сучасних відновлювальних джерел електричної енергії та буферних накопичувачів. Розроблені та пропоновані рекомендації щодо організації експлуатації безпілотних літальних комплексів під час виконання завдань у місіях у різних сферах економіки.

Ключові слова: авіаційний транспорт, безпілотні літальні апарати, енергоресурси, наземний транспорт, авіоніка, наземне забезпечення.

Постановка проблеми. Безпілотні літальні комплекси на сьогоднішній день успішно застосовуються в таких сферах як археологія, архітектура, сільське господарство, містобудування,

аеротаксі, картографія, кінозйомка, моніторинг навколишнього середовища, та активно й ефективно використовуються підрозділами збройних сил, надзвичайних ситуацій, прикордонної

служби, охорони та правопорядку як України так і інших країн світу [1].

Безпілотні літальні комплекси (БПЛК) дедалі активніше інтегруються в процеси промислових підприємств, забезпечуючи ефективність, точність і безпеку виконання багатьох завдань. Завдяки своїм можливостям БПЛК стали незамінним інструментом у різних галузях промисловості [2].

Серед зазначених варіантів застосування БПЛК слід вказати і їх незамінність та ефективність застосування у енергетичній галузі, як приклад при моніторингу стану високовольтних ліній електропередач.

Безумовно, маючи ряд переваг, таких як економія часу та ресурсів, безпека працівників під час виконання завдань, точність та ефективність виконання завдань, доступність до важкодоступних місць та в умовах з підвищеною небезпекою та шкідливими умовами праці, є і ряд обмежень. Так, до обмежень у використанні БПЛК слід віднести необхідність отримання дозволів на використання БПЛК в певних зонах, обмежена тривалість польоту залежно від ємності акумуляторів, вразливість до несприятливих погодних умов, необхідність налаштування програмного забезпечення для інтеграції з підприємницькими системами, необхідність у підготовці фахівців для експлуатації та обслуговування БПЛК, особливості обробки отриманої під час дослідження інформації.

Водночас, слід враховувати, що одною з головних умов, що забезпечує успішне виконання польоту, є високий рівень штурманської підготовки льотного складу. Вона є трудомістким процесом, який передбачає усесторонню підготовку льотного складу і обладнання літальних апаратів [3].

Тому, зважаючи на актуальність та перспективність є доцільним використання БПЛК у різних галузях економіки, та задля якісної підготовки відповідних фахівців щодо ефективної та безпечної експлуатації БПЛК у різноманітних умовах [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз попередніх досліджень вказує, що шляхи розв'язання вказаних проблем що пов'язані з використанням БПЛК у різних галузях економіки. Одним із варіантів що є серед зазначених варіантів застосування БПЛК у енергетичній галузі, як приклад при моніторингу стану високовольтних ліній електропередач. Однак відсоток таких застосувань БПЛК поки що складає невелику кількість. Такий стан справ пов'язаний з певною специфікою застосування БПЛК у різних місіях. Безумовно в залежності від специфіки експлуатації БПЛК та особливостей взаємодії із

об'єктами дослідження, можуть виникати певні особливості їх експлуатації. Безпечність та ефективність застосування БПЛК при виконанні місій у різних сферах економіки з урахуванням сучасних їх технічних можливостей є на сьогоднішній день суттєвою науково-практичною проблемою котра потребує вирішення [1–13].

Постановка завдання. Метою статті є дослідження особливостей експлуатації сучасних БПЛК та розроблення рекомендацій щодо організації їх ефективної та безпечної експлуатації з урахуванням аспектів можливих реновації об'єктів аеродромної інфраструктури та сучасного обладнання.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день, є велика різноманітність елементної бази для різних типів БПЛК. Це дає можливість постійно їм вдосконалюватися та покращувати свої тактико-технічні характеристики.

Одним із важливих елементів є аеродномне забезпечення БПЛК, а саме енергетичне. На сьогоднішній день, з метою надійності енергопостачання відповідальних об'єктів, активно використовуються відновлювальні джерела електричної енергії. Однак, враховуючи стохастичність їх графіків генерації, важливим залишається питання накопичення згенерованої ними електричної енергії. На сьогоднішній день, серед інших, важливим фактором залишається вартість системи накопичення згенерованої електричної енергії. На рис. 1 показана запропонована схема енергозабезпечення аеродромної мережі при використанні сучасних енергетичних комплексів.

Слід зазначити, що перспективи електролізу пов'язані із застосуванням твердо-полімерних електролізерів (ТПЕ) з платиновими каталізаторами, які забезпечують більш високий вихід водню. Останнім часом ведуться розробки електролізерів з ТПЕ, що не містять дорогоцінних металів, хоча, незважаючи на деякі успіхи в рішенні цієї задачі для спеціальних електролізерів з малим ресурсом роботи, прийнятного рішення для промислових електролізерів поки не знайдено. ТПЕ електролізери характеризуються значно більшими питомими капітальними витратами, ніж лужні, але ці витрати зменшаться при переході до великих обсягів виробництва.

Як джерело електроенергії для електролізу доцільно розглядати енергопостачання від вироблення електроенергії на місці на базі відновлюваних джерел енергії, як приклад, сонячної або вітрової енергії.

В свою чергу, застосування відновлювальних джерел енергії, як додаткових джерел електричної енергії, дає можливість до підвищення рівня

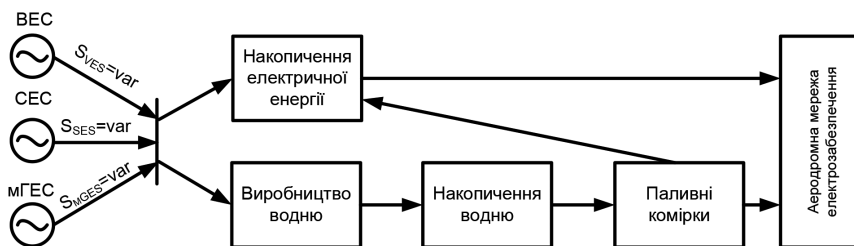


Рис. 1. Схема енергозабезпечення аеродромної мережі при використанні сучасних енергетичних комплексів

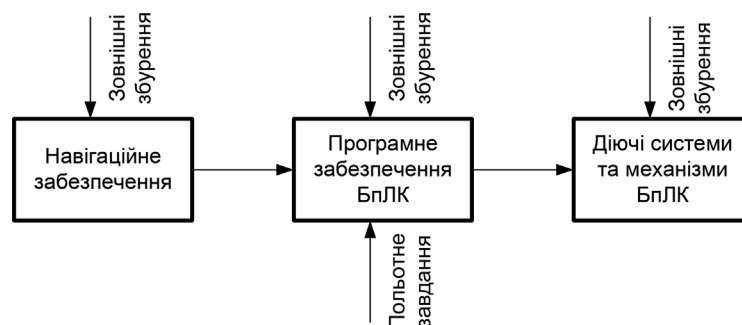


Рис. 2. Спрощена функціональна схема автопілоту безпілотних літальних комплексів

надійності електропостачання систем наземних станцій та зарядних станцій БпЛК.

Також, слід зазначити, що використання в таких системах водневих технологій для накопичення згенерованої електричної енергії, дає можливість підвищити рівень надійності таких систем електропостачання та ефективного використання згенерованої електричної енергії.

Слід також звернути увагу на особливості побудови системи автопілоту БпЛК. Важливим елементом для його є навігаційне забезпечення. Між тим, свою роль відіграє і польотне завдання, котре формується на одному з етапів підготовки до польоту БпЛК (рис. 2).

Також слід звернути увагу на зовнішні збурення, котрі мають вплив на системи навігацій-

ного забезпечення, програмного забезпечення та діючих систем та механізмів БпЛК. Такий стан справ пропагує постійний контроль за курсом руху літального апарату та відслідковування параметрів польоту у процесі його експлуатації.

Таким чином, авторами була запропонована функціональна схема використання БпЛК для дослідження та моніторингу різних об'єктів (рис. 3). Вказана схема включає до свого складу включає систему енергозабезпечення, зарядну станцію, наземну станцію керування БпЛК, безпілотні літальні апарати (БпЛА).

Безумовно, що БпЛА під час польоту будуть діяти різні зовнішні збурення, наявність котрих стимулює до постійного контролю параметрів польоту БпЛА під час виконання завдання місії.

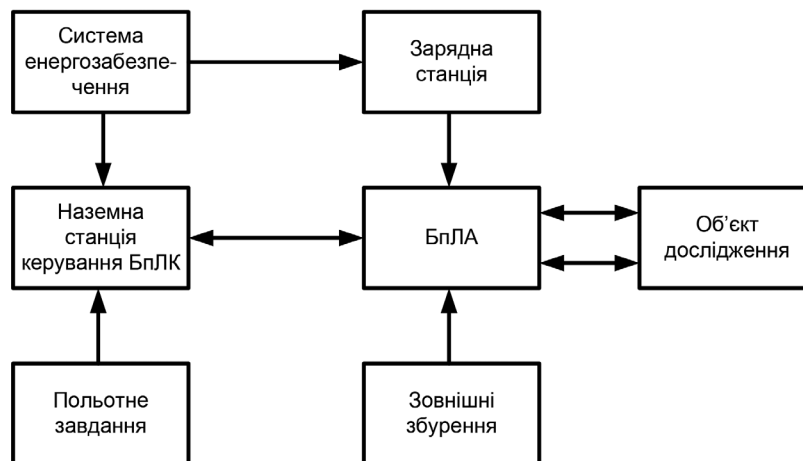


Рис. 3. Функціональна схема використання БпЛК для дослідження та моніторингу різних об'єктів

З такою метою на БпЛА встановлена камера, для візуального орієнтування та системи навігації та позиціонування.

Польотне завдання також має безпосередній вплив на польотні характеристики БпЛА.

Між тим, слід зазначити, що процеси моніторингу об'єкта дослідження може виконуватися як візуально, так і за допомогою додатково встановлених датчиків та пристроїв.

Таким чином, авторами запропоновано структуру послідовності дій при експлуатації БпЛК під час використання для дослідження та моніторингу різних об'єктів (рис. 4).

Запропонована послідовність дій характеризується тим, що охоплює весь процес експлуатації БпЛК, починаючи від попередньої підготовки до польоту, та закінчуючи обробкою даних польоту після посадки БпЛА на аеродром базування.

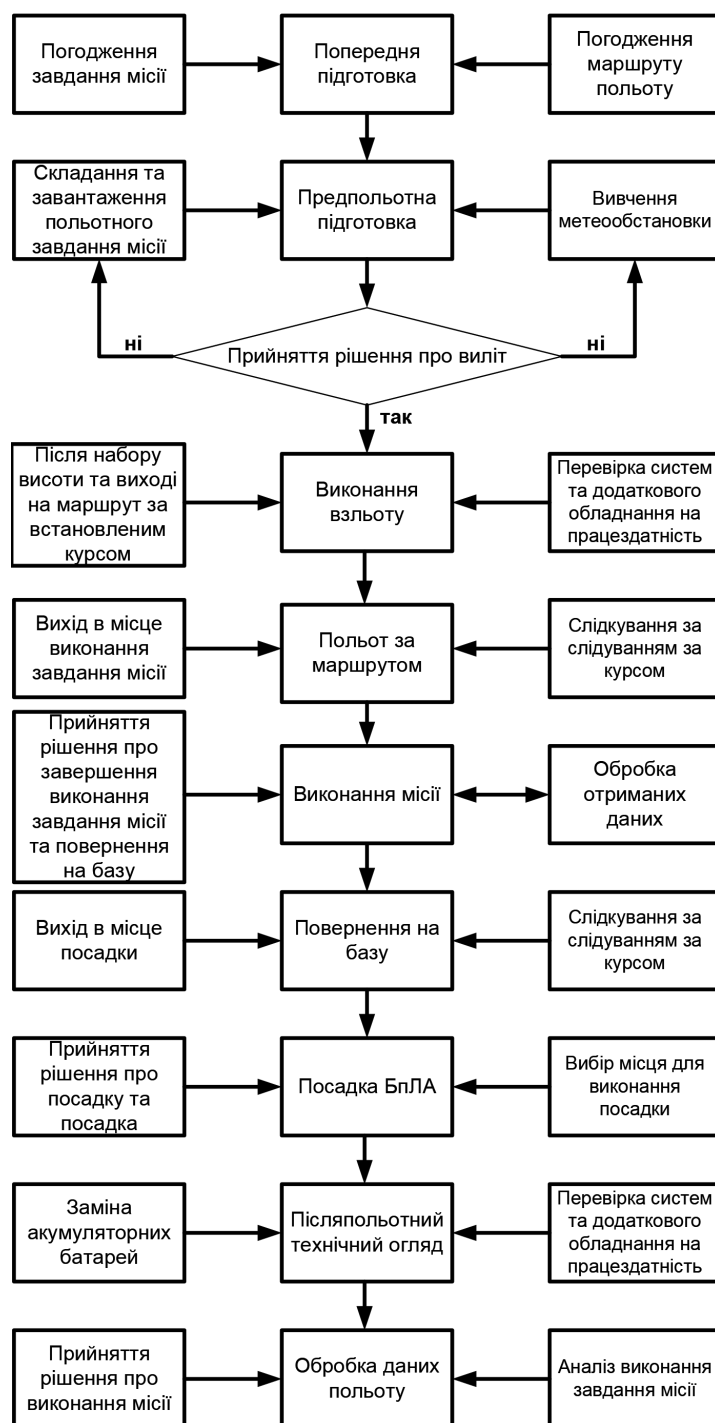


Рис. 4. Структура послідовності дій при експлуатації БпЛК під час використання для дослідження та моніторингу різних об'єктів

Також, слід зауважити що до функцій оператора під час польоту БПЛА в режимі відеоспостереження відносяться наступні:

- виявлення об'єкта дослідження;
- розпізнавання об'єкта за достатньою сукупністю характерних ознак (визначення та фіксація характерних ознак об'єкта);
- вербальний опис об'єкта дослідження;
- фіксування координат об'єкта;
- спостереження та супровід об'єкта (запис відеозображення об'єкта в межах заданого часу).

Для виконання операцій із дослідження об'єкта, оператором попередньо планується маршрут польоту БПЛА, який залежить від поставленого завдання, метеорологічних умов та характеру місцевості. При типовому алгоритмі режиму повітряного спостереження пошуку об'єкта, БПЛА прямує в район моніторингу і виконує там політ по заданій оператором програми. У процесі польоту у заданому районі БПЛА передає відеозображення місцевості та об'єктів на ній на наземну станцію керування у реальному масштабі часу. Оператор

БПЛА оцінює надходить інформацію, та за необхідності коригує маршрут польоту БПЛА і керує бортовим цільовим навантаженням (наприклад, відеокамерою чи тепловізором).

Найважливішою особливістю дослідження за допомогою БПЛА є можливість багаторазових повторних заходів на об'єкт дослідження або його окремі елементи та утримання відеозображення об'єкта на необхідний для дослідження проміжок часу.

Висновки. В даній роботі проаналізовано сучасні особливості застосування БПЛК при використанні їх для виконання завдань у місіях у різних сферах економіки.

Проаналізовано сучасні можливості щодо енергетичного забезпечення аеродромної інфраструктури електропостачанням з використанням сучасних відновлювальних джерел електричної енергії та буферних накопичувачів.

Розроблені та запропоновані рекомендації щодо організації експлуатації БПЛК під час виконання завдань у місіях у різних сферах економіки.

Список літератури:

1. ICAO Strategic Objectives [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.icao.int/about-icao/Pages/Strategic-Objectives>.
2. Крихтіна Ю. О. Державна політика розвитку транспортної галузі України: теорія, методологія, практика: монографія. Харків : «Діса плюс», 2022. 336 с.
3. Norman J. Ashford, Saleh Mumayiz, Paul H. Wright. Airport engineering: planning, design and development of 21st century airports. 4th edition. 2011. 769 p.
4. Азаров І., Сидоренко В., Серeda Ю. Використання безпілотного літального апарата як засобу дистанційного моніторингу надзвичайних ситуацій. Безпека життєдіяльності. 2015. № 2. С. 30.
5. Бабак В. П. Моніторинг об'єктів теплоенергетики з використанням безпілотних літальних апаратів. Промышленная теплотехника. 2017. Т. 39, № 2. С. 25–30.
6. Бабак С. В., Мислович М. В. Особливості практичного використання автономних діагностичних комплексів для теплового контролю повітряних ліній електропередачі. Технічна електродинаміка. 2016. № 1. С. 73–80.
7. Приймак А. В., Дар'їн Я. В., Стрюк Д. М., Слободянюк А. А. Аналіз доцільності створення та застосування багатофункціональних безпілотних авіаційних комплексів цивільного призначення. Системи озброєння і військова техніка. 2010. № 3. С. 142–145.
8. Разумова К. М., Кириленко О. М., Новак В. О., Зарубінська І. Б., Мостенська Т. Л. Транспортна політика Європейського Союзу і України. К: Кондор-Видавництво, 2021. 57 с.
9. Steadie Seifi M., Dellaert N. P., Nuijten W., Van Woensel T., & Raoufi R. Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 2014. 233(1), pp. 1–15.
10. Григоров О. М. Міжнародно-правові засади регулювання відносин у сфері цивільної авіації: становлення та розвиток: Монографія. Одеса : Фенікс. 2020. 350 с.
11. Razumova K., Kyrylenko O., Zarubinska I., Novak V., Guryna G., Ways of realization Ukraine's transport system to the EU. *Collective monograph. Modern aspects of science. 11-th volume of the international collective monograph. 6. International Economics. Czech Republic*. 2021, pp. 151–160.
12. Гребеников А. Г., Проценко М. М. Аналіз структури та варіантів побудови безпілотних авіаційних комплексів. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. 2012. № 2. С. 113–117.
13. Бойко С. М., Котов О. Б., Лапіна О. С., Реута А. В., Гвоздік С. Д., Дерябіна І. О. Особливості організації заходів безпеки в мультимодальних транспортних вузлах. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Сер.: Технічні науки*. 2024. Т. 35(74), № 3. С. 20–24.

Boiko S. M., Boiko O. S., Reuta A. V., Vasin I. I., Deryabina I. O., Samokhlib O. O. PRINCIPLES OF OPERATION OF MODERN UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

The article is devoted to the study of the features of the operation of modern unmanned aerial systems and the development of recommendations for the organization of their effective and safe operation, taking into account the aspect of possible renovation of airfield infrastructure facilities and modern equipment. The article defines the main requirements for unmanned aerial systems and their composition for conducting research on various objects. Attention is focused on the fact that one of the important elements is the aerodynamic support of unmanned aerial systems, namely energy. In the article, special attention is paid to external disturbances, the effects of which on navigation support systems, software and operating systems and mechanisms of unmanned aerial systems. This state of affairs promotes constant control over the course of the aircraft and tracking flight parameters during its operation. Therefore, the authors proposed a functional scheme for using unmanned aerial systems for research and monitoring of various objects. Also, the authors proposed a structure of the sequence of actions during the operation of unmanned aerial systems when used for research and monitoring of various objects. This work analyzes the current features of the use of unmanned aerial systems when using them to perform tasks in missions in various sectors of the economy. Analyzes modern opportunities for energy supply of airfield infrastructure with electricity using modern renewable sources of electrical energy and buffer storage. Developed and proposed recommendations for the organization of the operation of unmanned aerial systems during the performance of tasks in missions in various sectors of the economy.

Key words: air transport, unmanned aerial vehicles, energy resources, ground transport, avionics, ground support.