

СУЧАСНІ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 629.7

¹В.П. Харченко, д.т.н., проф.²Д.Е. Прусов, к.т.н., с.н.с.

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ЦИВІЛЬНІЙ СФЕРІ

Національний авіаційний університет

¹E-mail: kharch@nau.edu.ua²E-mail: prusov@nau.edu.ua

Розглянуто основні напрями застосування безпілотних авіаційних систем у цивільній сфері, концепції створення й організації безпілотних авіаційних комплексів залежно від орієнтованості на завдання. Показано можливості використання авіаконструкторського й авіапромислового потенціалу для проектування, виробництва та експлуатації безпілотних авіаційних систем із подальшою інтеграцією в повітряний простір.

Ключові слова: безпілотні авіаційні системи, ефективність застосування в цивільній авіації.

Постановка проблеми

Україна – одна з небагатьох країн світу, що має могутній авіаконструкторський і авіапромисловий потенціал. Розвиток авіапромислових галузей дозволяє подолати відставання в будівництві безпілотних авіаційних систем (БАС) і зайняти конкурентноспроможне місце в їх виробництві та експлуатації.

Науковий, технічний і технологічний потенціал є актуальним для державного фінансування авіабудування та привабливим для інвестування.

Реалізація науково-технічних програм і проектів у галузі наукоємного машинобудування, поява на внутрішньому ринку конкурентноспроможних технологій, устаткування й інструментів, нарощування експортного потенціалу є одним із пріоритетних напрямів розвитку економіки України.

Складна економічна ситуація вимушує шукати найменш витратні напрями робіт.

Одним із напрямів, що дозволяють реалізовувати нові ідеї та професійний досвід у вигляді кінцевих виробів, є створення безпілотних малорозмірних систем.

Безпілотну авіацію інтенсивно застосовують у цивільній сфері для виконання таких функцій:

- охорони кордонів;
- підтримання правопорядку;
- боротьби з наслідками стихійного лиха або техногенних катастроф;
- моніторингу екологічного стану природного середовища.

Проблеми безпілотної авіаційної техніки стосуються не лише безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які є складовою частиною безпілотного авіаційного комплексу (БАК), до складу якого належать:

- літальний апарат (ЛА);
- сучасне спеціальне бортове спорядження;
- наземні системи керування, пуску та посадки.

Безпілотний авіаційний комплекс є складною авіаційно-технічною системою, яка включає:

- один або кілька БПЛА;
- пункт керування;
- засоби зв'язку;
- засоби запуску, рятування та обслуговування;
- засоби транспортування.

Розроблення кожної з цих складових при створенні БАК потребує високого розвитку літакобудування, електроніки, інформаційних та інших технологій.

Тому небагато країн світу володіють повним циклом такого унікального виробництва – від ЛА та його цільового спорядження до наземних пунктів керування.

Одночасно з розробкою, виробництвом і застосуванням БПЛА у світі формується нормативна база сумісного використання повітряного простору БАС і простору, пілотованому повітряними суднами (ПС).

Відсутність систем запобігання зіткненням БПЛА з ПС, висока вірогідність неконтрольованого падіння на землю роблять неможливими польоти БПЛА в одному просторі з іншими ПС, а також їх використання в районах населених пунктів.

У результаті втрачається частина користі від використання цивільних БАС, а в повітряному просторі з напруженим повітряним рухом і в районах населених пунктів застосування БАС стає повністю неможливим.

У таких цивільних сферах застосування БАС, як дистанційне зондування землі (ДЗЗ), контроль комунікацій і кордонів, ретрансляція сигналів, собівартість послуг знижується на порядок порівняно з традиційними космічними або авіаційними системами.

На рівні міжнародних урядових та неурядових організацій створюються концепції сертифікації, стандартизації і регулювання польотів безпілотної техніки [1–6].

В Україні галузь безпілотної авіаційної техніки тільки набуває масштабного розвитку.

Національний авіаційний університет став однією з перших установ в Україні, які привернули увагу до проблеми розвитку БАС цивільного призначення.

На сьогодні в Україні немає таких важливих складових, як класифікація БАС за загальноприйнятою термінологією, тактико-технічні вимоги потенційних замовників до комплексів, нормативно-правова база щодо створення, проведення випробувань та експлуатації БАС, фінансування органів центральної влади.

Застосування БАС у народногосподарській галузі, природоохоронних органах, підприємствах паливно-енергетичного комплексу та

інших суб'єктах народного господарства, у вирішенні проблем із надзвичайних ситуацій, повітряного спостереження та охорони кордонів, спостереження за обстановкою на транспортних магістралях, у регіональних органах господарства, органах землеустрою, міських та обласних державних адміністраціях дозволить підвищити ефективність оперативного керування силами та засобами різних відомств під час виконання завдань за призначенням при економії коштів за рахунок створення уніфікованих БАС.

Об'єднуючи зусилля відповідних органів виконавчої влади та зосереджуючи їх на головних напрямках, Україна за досить короткий термін може отримати вітчизняні сучасні БАС цивільного призначення.

Україна має наукові розробки, технічну базу та необхідні ресурси для створення ефективних автоматичних безпілотної систем.

Уряд та представники бізнесу приділяють все більшу увагу проектам створення комплексів з БПЛА.

Напрями застосування безпілотної авіаційної систем

Цивільні застосування БАС можна розділити на три групи:

- 1) забезпечення безпеки:
 - патрулювання сухопутних і морських кордонів;
 - спостереження за дорожнім рухом;
 - моніторинг обстановки в надзвичайних ситуаціях будь-якого походження;
 - спостереження за пожежною обстановкою;
 - екологічний моніторинг;
- 2) науково-дослідна:
 - моніторинг клімату і атмосфери;
 - моніторинг стану природних ландшафтів і рослинного покриву;
 - контроль за станом водойм;
 - дослідження за тваринним світом;
- 3) комерційна:
 - моніторинг об'єктів виробничої інфраструктури;

- моніторинг сільськогосподарських і лісових угідь;

- розпилювання хімічних реагентів у сільськогосподарських цілях;

- геофізична аерозйомка;

- аерофото- і відеозйомка;

- аерокартографія.

Необхідною умовою успішного протікання сучасних виробничих процесів є своєчасне і достовірне інформаційне забезпечення. Це особливо актуально для проектів і робіт, що розгортаються на великих територіях.

Аерозйомка протягом десятиліть є ефективним інструментом для виконання дослідницьких робіт у геодезії, геофізичних дослідженнях, для проведення різного виду моніторингу.

З появою комерційної аерокосмічної зйомки сформувався ринок даних геоінформатики. Сучасна геоінформатика надає користувачам могутній інструмент візуалізації, аналізу, систематизації, зберігання геопросторових даних.

Географічні інформаційні системи (ГІС) використовуються не тільки державними органами, наприклад, для ведення кадастрового обліку. Численні корпоративні ГІС додатки забезпечують обґрунтоване ухвалення рішень у складних будівельних, сільськогосподарських проектах з використання природних ресурсів.

Питання про інформаційне наповнення ГІС, їх актуалізації вирішується, виходячи з доступних засобів, переважно через дані космічної і аерозйомки. Проте, незважаючи на безперервне вдосконалення інструментарію аерокосмічного ДЗЗ, така зйомка має відомі методичні обмеження, які визначаються, перш за все, неможливістю проводити зйомку в будь-який час у будь-якому місці за погодні умови з урахуванням геометрії орбіт супутників.

Безпілотні ЛА значно перевершують космічні засоби за оперативності зйомки для моніторингу протяжних об'єктів, якими є магістральні трубопроводи, лінії електропередачі (ЛЕП), морські і сухопутні межі, лінії залізних і автомобільних доріг.

Політ БПЛА можна спланувати так, щоб носій прямував уздовж об'єкта зйомки.

Головною особливістю БПЛА є те, що апарати виконують свої завдання автоматично. На них встановлена така апаратура спостереження:

- оптична;

- радіолокаційна;

- геофізична;

- канал зв'язку, що забезпечує керування і передачу інформації.

Видова інформація з БПЛА може бути отримана в режимі реального часу або після доставки і обробки, але майже в день здійснення моніторингу.

Комплекси повітряного моніторингу з БПЛА можуть застосовуватися для актуалізації і уточнення геопросторової інформації.

Отримане зображення накладається на цифрову модель рельєфу місцевості, після чого дані можна використовувати для вимірювання відстаней, визначення площ, як підкладку для пошарового накладення інших даних. При цьому залишається доступним оригінальний високий дозвіл початкових знімків, що дозволяє ідентифікувати окремі об'єкти.

Іншою функцією, що можуть виконувати БПЛА, є ретрансляція сигналів. За дальності і зони покриття БПЛА не в змозі конкурувати з супутниками зв'язку, але здатні розвернути локальну систему на час виконання операцій у певних районах. При розміщенні приймально-передавальної антени на висоті 20 км забезпечується передача сигналу в прямій видимості на відстань до 500 км.

Отже, цивільні БПЛА можуть застосовуватися в таких сферах:

- 1) виявлення малорозмірних об'єктів:

- повітряних;

- надводних;

- наземних;

- пошук і порятунок;

- допомога в надзвичайних ситуаціях;

- 2) керування повітряним рухом:

- у важкодоступних районах;

- при стихійних лихах і аваріях;

– на тимчасових повітряних трасах при виконанні авіаційних робіт;

3) контроль морського судноплавства:

– пошук і виявлення суден;

– попередження аварійних ситуацій у портах;

– контроль морських кордонів;

– контроль правил рибальства;

4) розвиток регіональних і міжрегіональних телекомунікаційних мереж:

– системи зв'язку, у тому числі мобільних;

– телерадіомовлення;

– ретрансляція;

– навігаційні системи;

– реклама;

– телебачення;

– кіно;

5) аерофотознімання й контроль земної поверхні:

– аерофотознімання (картографія);

– інспекція дотримання договірних зобов'язань (режим «відкритого неба»);

– контроль гідро-, метеообстановки;

– контроль активно випромінюючих об'єктів;

– дотримання контролю за незаконною міграцією людей;

– правоохоронна діяльність (контроль несанкціонованих заворушень);

– виявлення лісових пожеж;

– спостереження периметра об'єктів;

– спостереження промислових площадок;

– контроль залізничних колій;

– контроль ЛЕП й інших лінійних об'єктів;

б) контроль екологічної обстановки:

– радіаційний контроль;

– газохімічний контроль;

– контроль стану газо- і нафтопроводів;

– опитування сейсмічних датчиків;

– контроль стану лавин;

7) застосування в сільському господарстві і геологорозвідці:

– виконання авіаційно-хімічних робіт;

– визначення характеристик ґрунту;

– розвідка корисних копалин;

– підповерхневе (до 100 м) зондування Землі.

8) океанологія:

– розвідка льодової обстановки;

– спостереження за хвилюванням моря;

– пошук промислових скупчень риби.

Безпілотні авіаційні системи можуть застосовуватися в цивільній сфері з виконанням таких завдань:

– геофізичні дослідження – збір інформації про фізичний стан земної поверхні, ґрунту до можливої глибини, на якій розташовуються об'єкти інфраструктури або плануються до розміщення, для пошуку родовищ корисних копалин, уточнення їх меж;

– картографування – виконання робіт за визначенням просторового розміщення і поєднання елементів земної поверхні, геометричною прив'язкою об'єктів інфраструктури до геодезичної системи Землі;

– охорона всіх об'єктів інфраструктури – виконання моніторингу і активних дій із запобігання несанкціонованому втручанням у діяльність об'єктів;

– пошукові і рятувальні роботи – виконання робіт при виникненні нештатних (надзвичайних) ситуацій в об'ємах, відповідних можливостям безпілотної авіаційної техніки, авіамоніторинг різних видів, доставка вантажів;

– льодова розвідка – виконання моніторингу крижаних полів у водних акваторіях для визначення наявності льоду, напряму і швидкості дрейфу льодових полів, їх положення і величин;

– валідація результатів обробки матеріалів космічної зйомки – збір і обробка контрольної вибірки матеріалів наземної і авіаційної зйомки для підтвердження заявленої точності вимірювання тематичних характеристик природних об'єктів або технологічного устаткування.

Крім перерахованих завдань, що відносяться до моніторингу, БПЛА застосовують для виконання:

– хімічної обробки об'єктів інфраструктури хімічними речовинами для нейтралізації дії агресивних та інших матеріалів як при надзвичайних ситуаціях, так і при планових роботах, робіт з модифікації погоди;

– ретрансляції радіосигналів систем зв'язку для забезпечення оперативної передачі радіосигналів за лінію радіогоризонту від джерела до споживача в районах безпроводових, радіорелейних та інших видів зв'язку;

– оперативної доставки вантажів у труднодоступні райони, що не мають транспортних комунікацій по земній поверхні [7].

Сприяючими чинниками при створенні БАС для моніторингу є:

– високий загальний рівень розвитку безпілотної техніки в світі;

– наявність підприємств, які професійно розвивають тематику безпілотної авіації, що дозволяє використовувати їх досвід і виробничо-технічну базу;

– наявність БАС вітчизняних виробників, що відповідають основним льотно-технічним характеристикам (ЛТХ);

– технічний прогрес протягом останніх років у сфері засобів дистанційного моніторингу і обробки даних;

– наявність розгалуженої мережі обробки і передачі інформації.

Виходячи з аналізу інфраструктури галузі і об'єктів її складових, ураховуючи вимоги щодо авіаційного обслуговування, формулюють перелік завдань, які необхідно вирішувати за допомогою надання послуг авіаційного обслуговування підприємств за допомогою БАС.

Виробничий і екологічний моніторинг – збір інформації про об'єкт для визначення відповідності його функціональних характеристик технологічним і екологічним нормам, стани зовнішнього (природного) середовища до певного видалення від об'єкта. Виробничому і екологічному моніторингу підлягають об'єкти здобичі, зберігання газу, магістральні трубопроводи, газопереробні заводи і газохімічні комплекси.

Позначений перелік завдань висуває особливі вимоги як до ЛА, так і до цільової апаратури. Незважаючи на схожість завдань військового і цивільного застосувань БПЛА є ряд принципових відмінностей, які мають виражатися в базових вимогах до комплексів з БПЛА.

У завданнях моніторингу для цивільного застосування далеко не завжди є необхідність отримання інформації в реальному часі. Досить доставити дані на базову станцію, де вони обробляються, і за необхідності інформація доводиться до відповідних служб. Отже, можливо використання радіолінії з обмеженою пропускною спроможністю, що забезпечує тільки керування і стеження за БПЛА.

Для цивільних БПЛА не встановлюються норми по малопомітності, що допускає застосування менш дорогих конструкційних матеріалів. Чинник швидкості прибуття в район патрулювання також не такий істотний, тому можливе використання більш економічних двигунів. Серед особливостей, пов'язаних зі специфікою застосування БАС цивільного призначення, є виконання вимог замовника при проектуванні, розробці і виробництві комплексу БАС як до спеціалізованого комплексу з БПЛА.

Безпілотні авіаційні системи можуть застосовуватися як окремо, так і спільно з традиційно використовуваними технічними засобами і виконувати контроль протяжних і площадкових об'єктів, спостереження за місцями масового скупчення людей, моніторинг дорожнього руху, а також інші актуальні завдання.

У сфері аерофотозйомки можливості БАС багато в чому залежать від висоти польоту. Сьогодні межа становить 20 км, а в перспективі й до 30 км. На такій висоті БПЛА може конкурувати з супутником.

Відслідковуючи все, що відбувається на території площею близько 1 млн. км², БПЛА стає свого роду аеродинамічним супутником.

Безпілотні ЛА можуть виконувати функції супутникового угруповання в режимі реального часу в рамках цілого регіону.

Для фото- і відеозйомки з космосу або спостереження за будь-яким об'єктом потрібні 24 супутника, але й тоді інформація від них буде надходити один раз за 1 год.

Супутник перебуває над об'єктом спостереження всього 15–20 хв, а потім іде з зони його видимості й вертається на те саме

місце, зробивши оберт навколо Землі. Об'єкт же за цей час іде з заданої точки, оскільки Земля обертається, і знову опиняється в ній тільки через 24 год.

На відміну від супутника БПЛА супроводжує точку спостереження постійно.

Виконавши завдання на визначеній висоті та впродовж визначеного часу, він повертається на базу, а йому на зміну в небо йде інший. Ще один БПЛА перебуває в резерві. Це і є основна складова економії, оскільки БПЛА на порядок дешевше супутників.

Крім того, БПЛА можуть конкурувати з супутниками у сфері створення телекомунікаційних мереж і навігаційних систем.

На БПЛА можна покласти безперервне цілодобове спостереження за поверхнею Землі в широкому діапазоні частот. Використовуючи їх, можна створити інформаційне поле країни, що охоплює контроль і керування рухом повітряного й водного транспорту, оскільки БПЛА може взяти на себе функції наземних, повітряних і супутникових локаторів. Спільна інформація від них дає повну картину того, що відбувається в небі, на воді й землі.

Безпілотні ЛА допоможуть вирішити спектр наукових і прикладних завдань, пов'язаних з геологією, екологією, метеорологією, зоологією, сільським господарством, вивченням клімату, пошуком корисних копалин тощо. Вони можуть стежити за міграцією птахів, ссавців, риби, зміною метеоумов і льодової обстановки на ріках, рухом суден, переміщенням транспорту й людей, проводити аеро-, фото- і відеозйомку, радіолокаційну й радіаційну розвідку, багатоспектральний моніторинг поверхні, проникаючи всередину до 100 м.

Оптимальне поєднання всіх сучасних засобів дистанційного зондування як космічного, так і авіаційного базування, обробки і передачі даних дозволить розвернути систему інформаційного забезпечення споживачів газу і нафти, що покриває всю територію та забезпечує високоякісний своєчасний і безперебійний збір даних, критичних для

безпеки функціонування об'єктів газо- і нафтопроводів. Безпілотні ЛА розглядаються як перспективна складова засобів аерокосмічного моніторингу.

Розвиток нафтогазової галузі найближчими роками визначається успішним протіканням таких бізнес-процесів:

- підвищення довгострокових планів по здобичі газу, газового конденсату, нафти;
- пріоритетний розвиток систем транспортування газу і нафтопродуктів;
- створення і розвиток газотранспортної системи;
- реалізація масштабної програми газифікації країни, що вимагає виконання великого обсягу проектно-вишукувальних робіт для геодезичного забезпечення будівництва регіональних газових мереж;
- ефективний розвиток ресурсної бази;
- розширене відтворення мінерально-сировинної бази;
- збільшення обсягів геологорозвідки як в традиційних, так і в нових районах.

З урахуванням розгортання перерахованих бізнес-процесів у районах важкої доступності, видалених, зі складними кліматичними умовами, інформаційного забезпечення робіт набуває критичне значення для безпеки, раціонального планування, управління ресурсами і засобами.

Вітчизняні виробники БПЛА переходять від експериментальних польотів для доказу ефективності технології до виконання льотних робіт з моніторингу об'єктів різного призначення поки в невеликих масштабах. Як показав аналіз розробок вітчизняних виробників, існують розробки БПЛА за всіма основними типорозмірами. Їх рівень багато відповідає сучасному рівню розвитку авіабудування, засобів зв'язку, управління і систем дистанційного зондування. Деякі з розробок перебувають у стадії готовності до серійного виробництва прототипів і пропонуються як закінчені системи, що включають носії різного типорозміру, комплекси цільового навантаження, засоби наземної підтримки і обробки інформації.

Найбільший інтерес викликають розробки, що є комплексною системною інтеграцією платформи засобів збору і обробки даних моніторингу.

За допомогою використання безпілотних систем ефективно вирішують моніторинг безпеки під час проведення масових заходів.

Для спостереження за дотриманням громадського порядку в ході проведення різних заходів можуть бути застосовані безпілотні апарати, що мають бути майже безшумними оснащеними відеокамерами, приладами нічного бачення та здатними вести візуальне спостереження за заданим районом з висоти близько 500 м.

Зображення з БПЛА поступають у режимі реального часу на наземну станцію або на пульт чергового, або на спеціально обладнаний автомобіль. Застосування таких систем може бути перспективним для спостереження за мітингами, іншими скупченнями людей, дорожнім рухом, патрулювання міських кварталів і боротьби зі злочинністю.

Під час використання БАС для виявлення порушників дорожнього руху представник дорожньої міліції спільно з фахівцями з БАС знаходиться всередині наземної станції керування БПЛА, тоді як декілька патрульних машин, оснащених відеотерміналами, патрулюють дорожні ситуації та надсилають відеозйомку в режимі реального часу.

Проведення аеропатрулювань за допомогою БАС дозволить поліпшити дорожній рух і підвищити безпеку на дорогах.

За допомогою БАС оперативно виявляють проблемні місця на дорогах і відповідно перерозподіляють транспортні потоки для уникнення заторів.

Для повноцінного моніторингу дорожнього руху ефективним є використанням безпілотних систем з БПЛА як літакового, так і вертолітного типу, серед яких найбільш перспективним є застосування середніх апаратів з більшою тривалістю польоту і якіснішими приладами спостереження.

Під час виконання антитерористичних завдань завжди потрібні велика дальність і

тривалість польоту, проте вельми важливі можуть зависання над певними об'єктами, розташування на борту високоякісної апаратури спостереження, мала помітність ЛА.

Для виконання таких завдань мають бути створені безпілотні комплекси з малорозмірними БПЛА, що задовольняють такі вимоги:

- застосування з невеликих майданчиків під час проведення спеціальних операцій у міських умовах;

- невелика маса БПЛА з можливістю корисного навантаження;

- збільшення тривалості польоту з забезпеченням відповідної швидкості.

- спостереження за місцевістю, розрізняючи людей, номерні знаки машин та інші дрібні деталі;

- застосування в складних метеоумовах;

- мала акустична помітність.

На стадії закладки комплексу повітряного спостереження має бути розглянутим питання адаптації БПЛА до специфічних умов майбутньої експлуатації.

З технічного погляду застосування комплексів з БПЛА в боротьбі з розповсюдженням наркотичних речовин може обмежуватися спостереженням за певними ділянками земної поверхні із заданою періодичністю за часом.

Специфіка виробництва і розповсюдження наркотичних речовин від виробника до місць їх реалізації споживачам вимагає безперервного моніторингу великих просторів, розміри яких дуже часто не мають яскраво виражених меж.

У боротьбі з розповсюдженням наркотичних речовин БПЛА має вирішувати такі завдання:

- пошук і виявлення місць виробництва (виращування) сировини для наркотичних речовин;

- розкриття транспортних комунікацій переміщення наркотичних речовин;

- пошук і виявлення місць складування наркотичної продукції поза населеними пунктами;

– підтримка дій спецгруп, що здійснюють оперативну діяльність:

- радіотехнічна розвідка;
- визначення координат;
- ретрансляція повідомлень на пункти управління оперативними діями;
- супровід спостережуваного об'єкта;
- постановка селективної радіоперешкоди.

Концепція створення та організації цивільних безпілотних авіаційних систем

Розробка і виробництво сучасного БАК – це завдання не лише авіабудування як виробництво ЛА. Відмітною особливістю БПЛА є його орієнтованість на завдання. Літальний апарат виконує важливу, але одну з багатьох функцій – засіб транспортування. Отже, розробка і виробництво комплексів з БПЛА ще до початку їх функціонування вже забезпечать передовий розвиток технологій в країні.

Основними технологіями, що використовуються при виробництві безпілотних комплексів, є:

- розробка і виробництво сучасних конструкційних матеріалів, перш за все композитних, із застосуванням нанопокриттів;
- сучасні комп'ютерні технології, включаючи багатопроекторні системи збору, обробки і зберігання даних;
- теорія систем автоматичного керування як галузь кібернетики, що пов'язана з теорією передачі інформації, шифрування, стискування даних;
- засоби і системи зв'язку, включаючи космічні;
- технології ДЗЗ (радіолокація, оптико-електронні системи, багатоспектральні датчики);
- енергетичні технології, використання альтернативних джерел енергії (надмісткі акумулятори, сонячна енергія, паливні елементи);
- засоби і системи навігації, організації повітряного руху через впровадження автоматичного залежного спостереження;
- географічні інформаційні системи;
- технології обробки зображень, розпізнавання образів;

- розробка людино-машинного інтерфейсу;
- розробка штучного інтелекту.

Перелік зазначених завдань вимагає від БПЛА розміщення на борту значного комплексу цільового навантаження, а сам БПЛА повинен мати досить високі ЛТХ, що може зробити його достатньо коштовним.

Аналіз ЛТХ БПЛА військового призначення, що відображає специфіку свого цільового призначення, показує, що створити на його основі шляхом простих модифікацій високоефективний БПЛА для вирішення цивільних завдань неможливо. Для цього потрібне застосування прогресивних методів розробки нової техніки з використанням можливостей модульного принципу побудови конструкції і модифікації на рівні структурно-конструктивних блоків (див. таблицю).

Функціональні варіанти БПЛА

Модуль	Функції, що реалізуються
Носовий модуль	Оптична розвідка у видимому, інфрачервоному, ультрафіолетовому діапазонах. Цілевказання. Розвідка радіолокації передньої півсфери
Передній модуль	Радіотехнічна розвідка. Постановка перешкод. Спектральний аналіз. Детальна оптична розвідка. Бічна розвідка радіолокації
Модуль крила	Зміна максимальної тривалості польоту
Модуль паливного баку	Зміна типу палива
Модуль літакових систем	Зміна режимів роботи
Модуль силової установки	Зміна типу силової установки

Кількість варіантів БПЛА може бути визначена за виразом

$$N_B = \prod_{i=1}^n m_i,$$

де n – кількість змінних структурно-конструктивних модулів в БПЛА;

m_i – кількість варіантів одного структурно-конструкційного модуля.

Таким чином, при створенні БАС потрібно збільшення коефіцієнта використання ЛА при одночасному скороченні необхідного типоряду БПЛА до одного типу.

Групове застосування «різноваріантних» БПЛА одного типу забезпечує вирішення цілого комплексу проблем, для якого потрібно декілька типів БПЛА. При цьому знижуються експлуатаційні витрати, пов'язані з різноманітністю БПЛА і наземних засобів, що входять до складу комплексів з БПЛА.

Застосування БПЛА при вирішенні різних завдань вимагає не тільки забезпечення безпосереднього контролю за ділянками земної поверхні, але і формування тимчасової мережі інформаційного обміну в зонах проведення заходів з виконання завдань. Такий підхід значною мірою скорочує тимчасові витрати і дозволяє:

- освітлювати оперативну обстановку в режимі часу, близькому до реального;
- підвищити селективність при супроводі об'єктів, що розробляються, на великі відстані;
- підвищити ефективність управління матеріальними і людськими ресурсами при проведенні спеціальних заходів;
- забезпечити цілевказання мобільним і стаціонарним вогняним засобам;
- скоротити об'єми і тривалість доглядових процедур на пунктах контролю.

Важливою обставиною, що дозволяє формувати ідеологію використання засобів повітряної розвідки і спостереження, є оцінка ефективності БАС для вирішення завдань методом визначення вартості знімання інформації з одиниці площі земної поверхні \bar{C}_i :

$$\bar{C}_i = \frac{C_{\text{ЛА}} + C_{\text{ДВП}} + C_{\text{ПВМ}}}{n_{\text{КЗ}} P_{\text{ОВІЗ}} F_{\Sigma}^1}$$

де $C_{\text{ЛА}}$ – вартість нового ЛА;

$n_{\text{КЗ}}$ – розрахункова кількість застосувань БПЛА (кратність);

$C_{\text{ДВП}}$ – вартість додаткових витратних пристроїв для забезпечення одного вильоту (вартість порохових прискорювачів, болтів, що зрізають);

$C_{\text{ПВМ}}$ – вартість палива і витратних матеріалів (паливно-мастильні матеріали, технічні гази);

$P_{\text{ОВІЗ}}$ – вірогідність одночасного виконання інших завдань;

F_{Σ}^1 – сумарна площа земної поверхні, що проглядається, в одному вильоті [8].

Одним із найважливіших напрямів застосування безпілотних літальних систем в цивільній сфері є моніторинг територій, акваторій, магістралей і кордонів.

Відсутність на борту БПЛА екіпажа і систем його життєзабезпечення, значно менші розміри і менша потрібна потужність істотно зменшують вартість льотної години.

Це дозволить не тільки понизити витрати на застосування БАС при проведенні моніторингу, але і збільшити інтенсивність патрульних польотів і, як наслідок, скоротити передбачуваний збиток у разі настання надзвичайних ситуацій.

Поряд з цим організація процесу патрулювання вимагає:

- більш детального обліку неоднорідності обслуговуваної траси;
- оптимізації маршрутів обльоту;
- розташування об'єктів наземної інфраструктури.

Виконання завдань моніторингу має з економічного погляду важливу характерну особливість. З одного боку, чим частіше здійснюється обліт, тим вище за витрату на організацію патрулювання. З другого боку, підвищення інтенсивності патрулювання дозволяє частіше оновлювати інформацію про стан об'єктів, що сприяє швидшому усуненню

надзвичайних ситуацій, і, як наслідок, скороченню очікуваних збитків.

На сучасному етапі розвитку авіаційної промисловості та в умовах функціонування багатьох незалежних експлуатуючих організацій економічна ефективність авіаційної техніки стає індивідуальною для кожного потенційного завдання.

Крім того, з урахуванням особливостей застосування БАК коректно розглядати не ефективність ЛА, а ефективність цілісної системи, яка включає парк БПЛА, що належить певній експлуатуючій організації, та сервісну інфраструктуру, а іноді і об'єкт, де застосовують БПЛА.

У зв'язку зі змінами критеріїв економічної ефективності та методів їх розрахунку аналіз економічної ефективності застосування БАС в цивільній сфері проводиться на основі розробки відповідних моделей, наприклад, таких, як модель оптимізації об'єму патрульних польотів, яка застосовується для оцінки витрат на організацію повітряного моніторингу з розрахунку на один рік, а також розробки відповідних методів оцінки попиту на БАС і ефективності їх застосування.

Ринки патрульних робіт і БПЛА є відносно новими і бурхливо розвиваються останніми роками. До них непридатні рекомендації, що вироблені емпіричним шляхом для ринків авіаперевезень і традиційної продукції авіаційної промисловості, наприклад транспортних літаків. З одного боку, це породжує нові методологічні проблеми у сфері маркетингу.

З другого боку вирішення цих проблем може виявитися актуальним і для традиційних сегментів ринку авіаційної техніки, який вступає в період глибоких структурних змін [9].

З підвищенням попиту на нові типи ЛА, нові засоби моніторингу, інформаційно-керуючі системи організації, що зацікавлені в застосуванні БАС, підвищують економічну ефективність і безпеку свого функціонування та сприяють розвитку наукоємких галузей і диверсифікації української економіки.

Таким чином, попит на БПЛА визначається економічною ефективністю патрулювання.

Застосування перспективних засобів патрулювання здатне принести економію не стільки за рахунок здешевлення патрульних польотів, скільки за рахунок скорочення очікуваних збитків завдяки ранньому виявленню нештатних та надзвичайних ситуацій, яке досягається у разі збільшення інтенсивності патрулювання.

Значна невизначеність вихідних даних, які залежать від конкретних сфер і завдань застосування БАС, вимагає проведення параметричних розрахунків у широкому діапазоні модельних параметрів.

Розробка відповідних економіко-математичних моделей може стати ефективним маркетинговим інструментом, який дозволить розробникам і потенційним замовникам БАС прогнозувати ефективність їх застосування в цивільній сфері, оцінювати і погоджувати обсяги їх випуску, взаємоприйнятні характеристики і ціни.

Застосування різних категорій безпілотних літальних апаратів

Основними напрямками в створенні БПЛА можуть бути:

- забезпечення високих ЛТХ ЛА;
- великі значення миттєвих площ огляду земної поверхні;
- відносно низька вартість БПЛА;
- багатофункціональність і багатоваріантність БПЛА;
- інтеграція БПЛА в тимчасові інформаційні мережі в районах застосування.

Застосування засобів повітряної розвідки і спостереження є засобом підвищення ефективності та в сукупності з іншими технічними засобами й організаційними рішеннями дозволить успішно вирішувати поставлені завдання.

У зв'язку з широким спектром застосування БПЛА як літакового, так і інших типів умовно проведено розділення БПЛА на чотири класи за масою і типом.

Клас 1 – БПЛА літакового типу злітною масою до 10 кг з електричним двигуном можуть бути використані як засіб оперативного спостереження у складі стаціонарних постів охорони або мобільних груп. Корисне навантаження БПЛА такого класу складає відеокамера денного або інфрачервоного діапазонів, що транслює в реальному часі зображення на пульт управління БПЛА.

Клас 2 – БПЛА літакового типу злітною масою до 100 кг з двигуном внутрішнього згорання можуть використовуватися для моніторингу протяжних об'єктів згідно з дальністю польоту такого БПЛА. Як корисне навантаження встановлюються цифрова фотокамера високого дозволу або фотограмметричний комплекс, радар, газоаналізатор. Розрахунки показують, що застосування БПЛА класу 2 може виявитися найбільш ефективним і економічно виправданим. Безпілотні ЛА класу 2 здатні здійснювати польоти тривалістю до 8–10 год, забезпечуючи, зйомку до 500 км за один політ. Безпілотні ЛА вагою до 100 кг достатньо мобільні і компактні і здатні працювати оперативно без спеціального аеродромного базування з мінімальним набором засобів наземної інфраструктури.

Клас 3 – БПЛА літакового типу злітною масою до 500 кг можуть використовуватися як для хімічної обробки великих площ, так і для оперативного транспортування вантажів. Зважаючи на крупні розміри цих апаратів, їм буде потрібно аеродромне базування.

Клас 4 — БПЛА вертолітного типу також викликають інтерес для моніторингу об'єктів. Такі системи є в розробці на вітчизняних підприємствах, проте ступінь готовності в даний час не дозволяє розглядати їх як реальні для близької перспективи [7].

Склад безпілотного авіаційного комплексу

Безпілотний авіаційний комплекс складається з БПЛА й наземного (повітряного, надводного) пункту управління.

У безпілотному авіаційному комплексі може бути один або кілька БПЛА.

Безпілотні ЛА працюють без людини на борту. Щоб БПЛА міг здійснити політ, БАК має складатися з таких елементів:

- безпілотного ЛА;
- станції контролю (управління) БПЛА і системи антен;
- програмного забезпечення і системи контролю стану борту БПЛА;
- засобів зв'язку (земля/повітря і повітря/земля) для управління повітряним рухом і корисним навантаженням БПЛА;
- терміналів обробки даних;
- посадкової системи;
- системи запуску і системи відновлення стану в польоті;
- обладнання для обслуговування і підтримки стану БПЛА и його систем;
- системи зберігання та транспортування БАК.

При цьому БАК має обслуговуватися кваліфікованим наземним персоналом.

Ряд розробок БАК в Україні відповідає сучасному рівню розвитку авіабудування, засобів зв'язку, управління і систем дистанційного зондування, серед яких найбільший інтерес викликає комплексна системна інтеграція платформи засобів збору і обробки даних моніторингу. Деякі з розробок перебувають у стадії передсерійних прототипів і пропонуються як закінчені системи, що включають носії різного типорозміру, комплекси цільового навантаження, засоби наземної підтримки і обробки інформації.

Польоти БПЛА нічим не відрізняються від польотів пілотованої авіації. Безпілотні ЛА оснащені системами наведення, бортовими комплексами радіолокації, датчиками і відеокамерами.

У процесі виконання польоту, як правило, управління БПЛА здійснюється автоматично за допомогою бортового комплексу навігації і управління, до складу якого входять:

- приймач супутникової навігації, що забезпечує прийом навігаційної інформації від систем ГЛОНАСС і GPS;
- система інерціальних датчиків, що забезпечує визначення орієнтації і параметрів руху БПЛА;

- система повітряних сигналів, що забезпечує вимірювання висоти і повітряної швидкості;

- різні види антен, призначені для виконання завдань.

Бортова система навігації і управління забезпечує:

- політ за заданим маршрутом із вказівкою координат і висоти поворотних пунктів;

- зміну маршрутного завдання або повернення в точку старту за командою з наземного пункту управління;

- обліт указаної області;

- автосупровід обраної мети;

- стабілізацію кутів орієнтації БПЛА;

- підтримку заданих висот і швидкості польоту;

- збір і передачу телеметричної інформації про параметри польоту і роботу цільового устаткування;

- програмне управління пристроями цільового устаткування.

Бортова система зв'язку функціонує в дозволеному діапазоні радіочастот та забезпечує передачу даних із борту на землю та з землі на борт.

З борту на землю передаються:

- параметри телеметрії;

- потокове відео- і фотозображення.

На борт передаються:

- команди управління БПЛА;

- команди управління цільовою апаратурою.

Інформація, що отримується з БПЛА, має класифікуватися залежно від ступеня загрози.

Класифікація проводиться оператором наземної станції управління або безпосередньо бортовим комп'ютером БПЛА.

Програмне забезпечення комплексу містить елементи штучного інтелекту, тому потрібно виробити кількісні критерії та градації рівнів загрози. Такі критерії можуть бути сформульовані шляхом експертних оцінок і формалізовані з мінімізацією вірогідності помилок [10–13].

Висновки

Проаналізовано розробки, що дозволяють широке використання БАС у цивільній сфері, для ефективного здійснення денного і нічного пошуку різних об'єктів, патрулювання районів, охорони держкордону, екологічного моніторингу, ретрансляції радіозв'язку, радіопеленгації, розвідки районів крупних аварій і катастроф, доставки малогабаритних вантажів зі скиданням у заданій точці. Це визначає щонайширший спектр використання БАС – від рятувальних операцій до геодезичних робіт.

Застосування БАС у цивільній сфері на сьогодні потребує вирішення технічних і організаційних проблем. Основні проблеми пов'язані з використанням повітряного простору, виділенням частотного діапазону для управління БПЛА, передачі інформації з борту на землю і навпаки та розвитком ринку цивільних послуг, який перебуває в стадії становлення.

Деякі з поставлених цивільною сферою завдань застосування БАС найближчим часом можуть стати більш затребуваними. Це, насамперед, контрольні функції БАС, за допомогою яких можна контролювати технічний стан, безпеку та функціонування об'єктів, розташованих на великому віддаленні (протяжні об'єкти).

Велика кількість організацій безпосередньо зацікавлені у використанні БАС у своїй галузі. Розробка концепцій із застосування БАС повинна забезпечити найбільший ефект, зокрема економічний, від застосування БАС.

Застосування БАС перебуває у початковій фазі, що характеризується значним рівнем розробки БПЛА та їх елементів, з одного боку, та відсутністю основ застосування БПЛА у реальних технологічних процесах, з другого. Вирішення цього протиріччя вимагає розв'язання різнопланових задач концептуального, технічного, технологічного, методичного, організаційного та юридично-нормативного характеру.

Використання цивільних БАС в повітряному просторі України не тільки можливо, але і необхідно за умови виконання вимог щодо польотів БПЛА, які отримують Свідоцтва про льотну придатність і реєстрацію.

Використання БАС в цивільній сфері для забезпечення багатьох потреб народногосподарських потреб на сьогодні обмежується окремими випадками локальних застосувань для вирішення поточних виробничих або господарських завдань, переважно в експериментальному порядку. Зростання ринку БАС і пов'язаних з ним послуг прогнозується при подоланні технічних і адміністративних бар'єрів, що обмежують використання БАС в національному повітряному просторі.

Література

1. *International Civil Aviation Organization. CIR 328. Беспилотные авиационные системы (БАС).* — ИКАО, 2011.
2. *CAA UAV Flights in UK Airspace Workshop – 13 October 2005 Civil Aviation Authority Directorate of Airspace Policy 8AP/15/19/02.*
3. *CAP 722 UK Civil Aviation Authority Directorate of Airspace Policy Unmanned Aerial.*
4. *EASA A-NPA Policy for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Certification Advance – Notice of Proposed Amendment (NPA) No 16/2005 A-NPA No 16/2005.*
5. *JAA/EUROCONTROL A Concept for European Regulations for Civil Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) UAV Task Force – Final Report 11 May 2004.*
6. *The Joint JAA/EUROCONTROL Initiative on UAVs - UAV Task – Force. A Concept for European Regulations for civil UAVs . Brussels: JAA/EUROCONTROL, 2004 – 87 p.*
7. *Воронов В.. Комплексная система мониторинга объектов ОАО «Газпром» с помощью БЛА/ В. Воронов. – Режим доступа: <http://uav.ru>.*
8. *Ростопчин В.В. Применение беспилотных летательных аппаратов в борьбе с распространением наркотических веществ / В.В. Ростопчин, С.И. Федин. – Режим доступа: <http://uav.ru>.*
9. *Клочков В.В. Методы прогнозирования спроса на беспилотные летательные аппараты и работы по воздушному патрулированию / В.В. Клочков, А.К. Никитова. – Режим доступа: <http://www.ecfor.ru>.*
10. *Proceedings of International Conference "Unmanned Aircraft Systems - Towards Civil Applications". 2009. Graz, Austria. – Режим доступа: http://www.fh-johanneum.at/aw/home/Studienangebot/fachbereich_informations_design_technologien/lav/News_Events/lav_events/~bshr/lav-ev-/?lan=de*
11. *Proceedings of European Commission's UAS Conference. Brussels, Belgium. 2010. – Режим доступа: <http://www.eda.europa.eu/Otheractivities/UAStaffinsertion/UASConference>.*
12. *Proceedings of 12th International Conference & Exhibition UAS, Paris, France. 2010. – Режим доступа: <http://www.uas2011.org/>.*
13. *Proceedings of 5th International Conference & Exhibition UVS-TECH-2011. Moscow, Russian Federation, 2011. – Режим доступа: <http://www.uvs-tech-2011.org/>.*

Стаття надійшла до редакції 15.11.2011.