

# Питання управління в складних системах

УДК 621.3

О.В. Беляєв, О.В. Задорожна

*Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград*

## ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЯК ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

*Проведений короткий огляд перспектив розвитку ринку послуг авіаційних хімічних робіт у сільськогосподарському виробництві України, проаналізовані вагові характеристики безпілотних літальних апаратів й визначено їхні найбільш економічно вигідні конструктивні компоновки для проведення авіаційних хімічних робіт.*

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, автожир, авіаційні хімічні роботи.

### Вступ

**Актуальність проблеми.** Україна завдяки своїм природно-кліматичним умовам є однією з країн, що має високий потенціал використання земельних площ для успішного розвитку сільськогосподарського (с/г) виробництва. Має можливість для вирощування різноманітних культур як для власного споживання (імпорту), так і для експорту в Європу та інші країни. Важливим напрямком підвищення продуктивності с/г виробництва є більш ефективне використання технічних засобів, спрямованих на покращення врожайності культур.

Аналізуючи недоліки та переваги різноманітних методів та технічних засобів обробки с/г земель з метою виявлення найбільш економічно вигідних, було встановлено, що використання авіації с/г призначення для підвищення урожайності культур з використанням новітніх технологій обробки та сучасного навігаційного обладнання має великий потенціал [4]. Переваги авіаційного способу обробки рослин в порівнянні з наземними є досить очевидними: скорочення термінів завдяки великій швидкості (до 160 км/год); широка смуга захоплення (до 60 м при обпилюванні і обприскуванні, до 30 м при розсіві мінеральних добрив); зниження витрат праці; зменшення витрати отрутохімікатів і добрив; маневреність літаків; можливість обробки важкодоступних ділянок; відсутність механічних пошкоджень рослин і ущільнення ґрунту. Важливою перевагою авіаційних засобів обробки полів є і те, що вони не прив'язані до фізичного стану ґрунтів, як це має місце при використанні наземної техніки.

Якщо ж звернутися до економічної вигоди використання авіаційної с/г техніки, то необхідно зазначити, що рентабельність рослинництва при цьому збільшується на 15,4% [4]. Однак, не дивлячись на досить вагомі переваги використання авіації у с/г, погіршення економічного стану в країні створило досить суттєві перешкоди для використання повітряних суден (ПС) с/г призначення. Згідно Реєстру цивільних повітряних суден України на 30.10.2015,

в Україні офіційно зареєстровано лише 4 літаки с/г призначення: МВЕН-2 «Фермер» (2 шт.), «Фермер 300», «ХИАТ-650УТ/СХ, що становить мізерну кількість у порівнянні з площами с/г угідь в Україні. Перешкоди у використанні ПС пов'язані із зростанням собівартості технічної експлуатації ПС, що неодмінно відображається на собівартості продукції. Одним із шляхів повернення с/г авіації до активної експлуатації є використання ПС, які мають технологічно вищий рівень виконання та високу якість використання, ніж ті, що експлуатуються на даний час.

Одним із шляхів підвищення економічної ефективності використання ПС є розробка полів з застосуванням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) с/г призначення при проведенні авіаційно-хімічних робіт (АХР). Згідно означення під БПЛА розуміється повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном [4], що передбачає можливість дистанційного керування повітряним судном. Саме ця особливість разом з можливістю широкого застосування супутникової системи глобального позиціонування GPS створили умови, що дозволяють фізично використовувати БПЛА при виконанні АХР в автоматичному та дистанційно керованому режимах як вдень, так і вночі, а також при несприятливих погодних умовах.

Серед перспективних напрямків використання БПЛА можна виділити наступні: моніторинг стану рослин та ступеню раціонального використання ґрунтів; створення цифрових карт полів; інвентаризація с/г земель; оцінка об'єму робіт, що виконуються на полях; визначення нормального вегетаційного індексу NDVI; прогноз врожайності с/г культур; перевірка якості обробки ґрунтів; екологічний моніторинг земель с/г призначення тощо [1]. Використання БПЛА в с/г стає можливим завдяки регулюванню юридичними документами, що і звичайні літаки. Повітряний кодекс України (№3393-VI від 19.05.2011) визначає правила реєстрації та придат-

ність судна до польоту. Положення про використання повітряного простору України (постанова КМУ №401 від 29.03.2002) вказує в яких зонах повітряного простору дозволено проведення польотів, крім того Інструкція зі складання заявок на використання повітряного простору під час планування польотів (спільний наказ Міноборони та Мінтрансу №518/1063 від 14.10.2009) роз'яснює власникам БПЛА, як надавати заявки на використання повітряного простору [3]. Проблема полягає у тому, що БПЛА згідно із законодавством мають бути зареєстровані. Повинні виконуватись вимоги безпеки польотів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Безпілотні літальні апарати є досить поширеними у світі і виробляються у вісімнадцяти країнах світу, таких як: США, Франція, Німеччина, Китай, Японія, ПАР, Чехія та інші. Вперше БПЛА було застосовано на початку 80-х років в сільському господарстві Японії. Основним аргументом на користь використання невеликих дистанційно керованих літальних апаратів був той, що розміри полів та складний ландшафт, а також наявність електромереж та маленька відстань між населеними пунктами вкрай ускладнювали використання літаків с/г призначення. Тому в 90-х рр. на базі БПЛА моделі Yamaha RMAX вертолітної схеми, були розроблені моделі YACS та YACS-G з системою GPS навігації та корисним навантаженням 28 кг з робочою швидкістю 24 км/год. Таких моделей було виготовлено 2400 [2]. На теперішній час вони обробляють майже 40% рисових полів. Виготовлення безпілотних літальних апаратів здійснюється також в Росії, наприклад, моделі GeoScan 101 та GeoScan 200 (літакового типу), GeoScan 401 (вертолітного типу) та інші.

Використовуються БПЛА і в Україні. За даними продаж в країні експлуатується майже 1,5 тисячі різних за призначенням БПЛА, за допомогою яких виконується картографування, моніторинг стану рослин та фітосанітарної обстановки, стану магістральних трубопроводів та інше. Ешелони польоту БПЛА сягає від 300 м (не контрольований простір) до 7 – 10 тис. метрів, але жоден з них не зареєстрований офіційно (згідно Реєстру цивільних повітряних суден України на 30.10.2015).

Спектр послуг, що можуть надавати БПЛА в Україні дуже широкий. Так площа с/г угідь, що використовується аграрними підприємствами та громадянами складає 36,5 млн га, що становить 61% території країни. В Україні на 2013 рік діяло 56000 аграрних підприємств, з яких 15,8% мають площу до 100 га, 17,3% - в межах 100 -500 га, 11,2% - 500 га-1000 га, 14,1% - 1000 - 2000 га, 18,8% - понад 2000 га. Середній розмір полів в степовій зоні складає 1200 – 1500 м в довжину та 800 –1000 м в ширину. Розміри полів відносно невеликі, що дає змогу використовувати не тільки пілотовані ЛА, а й БПЛА, зокрема AGROAVIAR-100. Зазначена модель БПЛА дистанційно керована, літакового типу, може використовуватися для внесення біологічного

матеріалу – трихограм. В одному із господарств за один день було оброблено 200 га культур при розмірах літака- 1,5×2 метра. Вага корисного навантаження 2 кг. Польотна вага складає 11 кілограмів [2].

Використання повністю автоматичних БПЛА-дронів надає багато можливостей. Так, в проекті *i Field* Вінницької області для компанії «Торговий Дом Насиння» були задіяні дрони компанії Drone.UA з метою спостереження за змінами рівня вегетації сотень гібридів сортів під впливом різних препаратів. Сканування мало характер щоденного повітряного спостереження, при якому за один політ сканувалася площа біля 400 га [2].

**Постановка завдання.** Напрямок застосування БПЛА в с/г виробництві досить різноманітні, але на сьогоднішній день вони мають досить вузьку спеціалізацію з причин деяких конструктивних та вагових обмежень [3]. Використання сучасних технологій в області навігації та керування БПЛА разом з відео та фотоапаратурою, дають змогу використовувати елементи штучного інтелекту в точному с/г виробництві [3]. На основі аналізу можливостей сучасних БПЛА при проведенні АХР виникає необхідність визначення оптимальних показників щодо відносної частки корисного навантаження від злітної ваги БПЛА. В подальшому визначити оптимальну вагову характеристику спорядженого БПЛА, визначити найбільш сприятливу конструктивну компоновку для умов виконання АХР на полях степової зони України.

## Розв'язання проблеми

Для визначення меж в яких знаходиться відносний показник корисного навантаження треба проаналізувати показники різних за конструкцією, але однакових за призначенням БПЛА, що вже експлуатуються як в країні так і за її межами. В табл. 1 приведені вагові дані деяких безпілотних літальних апаратів. Якщо розрахувати з табл. 1, відносну корисну вагу для БПЛА різних типів, то отримаємо такі показники: БПЛА вертолітного типу лежить в межах 0,31-0,43\*, для літакового типу - в межах 0,28 –0,47, для типу квадрокоптер знаходиться у межах 0,2 – 0,38. Для автожирів цей показник становить 0,3\*\* -0,54 (рис. 1).

Таблиця 1

Показники корисної ваги та ваги конструкції для БПЛА різного типу

№	Назва Тип БПЛА	Вага конструкції, кг	Вага корисного навантаження, кг
1	YACS вертоліт	91	28
2	3Z4-06 вертоліт	9,15*	4*
3	R-100 літак	7	2
4	R-400 літак	34	16
5	Supersam X6 квадрокоптер	1,5	0,3
6	DJI AgrosMG-1 квадрокоптер	26*	10
7	«Хімік» автожир	250	135
8	МТОagric**автожир	450	130

\* різні джерела інформації дають різні показники, тому використовується середній; \*\* пілотований автожир.

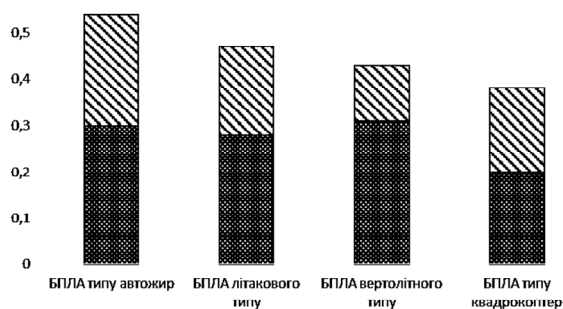


Рис. 1. Порівняльна діаграма відносної корисної ваги для різних типів БПЛА

Найбільший показник відносного корисного навантаження мають автожири, що обумовлюється особливостями конструкції останніх. Автожир поєднує в собі окремі властивості як літака, так і вертольоту. При горизонтальному польоті автожиру його швидкість наближається до показників надлегкого та легкого класів літаків і знаходиться в межах 150–180 км/год. Перевага конструктивної компоновки автожиру у тому, що показник мінімальної швидкості для горизонтального польоту знаходиться у межах 50 км/год, що надає можливість здійснювати більш маневрений політ та мінімізувати дистанції розбігу та пробігу ЛА. При виконанні АХР така властивість конструкції дуже важлива, оскільки надає можливість ЛА розвертатися практично на місці, не виходячи за межі поля, що є властивим для вертольотів (для порівняння – на розвороті пілотованого літака с/г авіації відводиться 46% усього робочого циклу від злету до посадки) [5]. Крім того, немає потреби розраховувати маневр для подолання таких перешкод як дерева, що ростуть по краях поля, що значно спрощує вихід ЛА на наступний гон.

Автожири значно простіші та безпечніші в експлуатації. При відмові двигуна лопоті автожиру, відбувається перехід в режим авторотації і ЛА плавно сідає прямо перед собою. Для експлуатації в якості с/г БПЛА ця властивість надзвичайно важлива, оскільки вразі здійснення посадки з відмовою двигуна не має потреби додаткового втручання з боку оператора, що керуватиме роботою, або програмного забезпечення, якщо БПЛА здійснює роботу в автоматичному режимі. Обладнання БПЛА лазерною системою висотоміра та дальноміра у поєднанні з GPS облад-

нанням дає можливим виконати автожира як дрона або дистанційно керованим. Найбільш ефективно використання БПЛА відбувається при впровадженні новітніх технологій обробки с/г культур. Використання технологій ультромалого обприскування на основі амінокислотних розчинів значно підвищує продуктивність роботи БПЛА за рахунок перерозподілу корисного навантаження у бік пального, що дає змогу підвищити тривалість польоту та зменшити цикли дозаправки автожиру хімічними розчинами.

## Висновки

Зважаючи на досить непросто економічне становище нашої держави, вона була і є впливовим інструментом на ринку сільськогосподарської продукції не тільки в Європі, а і в країнах ближнього сходу. Таким чином вітчизняна галузь літакобудування має також бути спрямована і для потреб с/г виробництва. Спираючись на досвід зарубіжних країн вкрай важливо вибрати перспективний напрямок в проектуванні і виробництві вітчизняних БПЛА. Впровадження БПЛА, зокрема автожирів, в с/г виробництво є найбільш економічно доцільною конструктивною схемою, що підтверджується досить широким інтересом до них з боку країн виробників як с/г продукції, так і виробників ЛА с/г призначення.

## Список літератури

1. *Технологии точного земледелия в сельском хозяйстве с использованием БПЛА [Електр. ресурс]. – Режим доступу: [www.primwings.ru/news/107agricultureuav](http://www.primwings.ru/news/107agricultureuav).*
2. *Как применяются беспилотники в сельском хозяйстве Украины [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.imena.ua/blog/drones-for-farmers](http://www.imena.ua/blog/drones-for-farmers)*
3. *Юсифова Аксана. Беспилотники в сельском хозяйстве [Електр. ресурс] / А. Юсифова. – Режим доступу: <http://www.anspress.com/index.php?a=2&lng=ru&cid=48&nid>.*
4. *Полухин А. Малая авиация в сельском хозяйстве: дорого, но выгодно / А. Полухин // Аграрное обозрение. – 2011. – № 1. – С. 20.*
5. *Сарымсаков Х.Г. Сельскохозяйственные самолеты. Оптимизация парка / Х.Г. Сарымсаков. – М.: Машиностроение, 1979. – 184 с.*

Надійшла до редколегії 1.02.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ КАК ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

О.В. Беляев, О.В. Задорожная

*Проведенный краткий обзор перспектив развития рынка услуг авиационных химических работ в сельскохозяйственном производстве Украины, проанализированы весовые характеристики беспилотных летательных аппаратов и определены их наиболее экономически выгодные конструктивные компоновки для проведения авиационных химических работ.*

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, автожир, авиационные химические работы.

## USE DRONES AS A WAY TO INCREASE CROP YIELDS

O.V. Belyaev, O.V. Zadorozhna

*In this article brief overview of the development prospects of the market of services of aviation chemical works in agricultural production in Ukraine is give, weight characteristics of unmanned aerial vehicles are analysed and their most cost-effective design layouts for aviation chemical works are determine.*

**Keywords:** unmanned aircraft, autogyro, aviation chemical works.