

Г. М. Юн

д-р техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000.0003-1888-8389 yun@ua.fm

Д. В. Мединський

Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-8081-8712 medynskiy_denys@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Вступ

З бурхливим розвитком інформаційних технологій, мініатюризацією апаратних засобів управління намітилася прогресуюча тенденція мінімізувати роль людини в людино-машинних системах, а в окремих випадках навіть повністю виключити її з контуру управління порівняно складними, технічними об'єктами. Автоматизація, автоматика, роботизація, механотроніка — це неповний перелік наук, причетних до цієї тенденції. В останні роки активно вивчаються різні аспекти створення та застосування безпілотних транспортних засобів: автомобілів, самохідних механізмів, бронетранспортерів, літальних апаратів різного призначення. Значний інтерес до цієї тематики спостерігається і в сільському господарстві. Є чимало прикладів успішного застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для захисту рослин від хвороб і шкідників [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанню застосування БПЛА у сільському господарстві присвячено багато наукових праць вітчизняних та зарубіжних авторів. Аналізу, класифікації, цільовому призначенню, як у військовому, так і цивільному сегменті, сучасним розробкам, дизайну, еволюції безпілотних авіаційних систем (БАС) присвячено праці [2; 3]. У працях [4–6] подано системний аналіз використання різного типу моделей БПЛА з метою аерознімання територій для картографування. Перспективи розвитку БПЛА висвітлюються в працях [7–11]. Але і сьогодні, ще не визначений повний перелік робіт, які можна виконувати за допомогою БПЛА.

Мета статті — провести огляд розвитку технологій застосування БПЛА у світі і в Україні, подати SWOT-аналіз технологій застосування БПЛА, застосувати стратегію розвитку безпілотної сільськогосподарської авіації в Україні.

Зарубіжний досвід застосування БПЛА в сільському господарстві

Останніми роками різними підприємствами було розроблено багато БПЛА у складі мобільних авіаційних комплексів, але результати отримані в процесі цієї діяльності — мінімальні, що являє собою прямий наслідок відсутності чіткої позиції заявника до проблем пов'язаних з можливістю науково-промислового комплексу.

За даними маркетингових досліджень іноземних компаній, розвиток БПЛА призведе до зростання розподілу системи безпеки польотів та обліку інформації [12].

Над територією України до 2040 р. постійно (у режимі «24\7\365») можуть перебувати у повітрі не менше, як 50 000 БПЛА, об'єднаних в єдину систему надання робіт і послуг для задоволення різних постійно зростаючих потреб економіки, у тому числі сільськогосподарського призначення.

Середньостатистична чисельність зайнятих у розробці і виробництві безпілотних авіаційних систем (БАС) становить до 40 000 осіб, а чисельність зайнятих в експлуатації буде забезпечено комплексним рішенням і сягне 100 000 осіб до 2040 р. [13].

Оцінювання обсягу світового ринку БАС показує, що комплексних рішень і послуг до 2040 р. складе більше 110 млрд дол. США (за наявності діючих цін) [14]. Тому зміниться не тільки структура, але і попит споживачів під який

потрібно буде адаптуватися новим лідерам серед глобальної конкуренції у виробництві БПЛА.

За даними організації AUVSI у звіті під назвою «The Economic Impact of Unmanned Systems Integration in the United States» в офіційній доповіді Міжнародної Асоціації Безпілотних Систем (Association for Unmanned Vehicle Systems), ідеться про застосування БПЛА у сільському господарстві, що буде мати перевагу над усіма іншими додатками (dwarf all others) і до 2027 р. близько 80 % ринку безпілотних апаратів буде введено в сільське господарство США [15].

За наявності Державної підтримки — Україна може сягнути від 5–10 % (базовий сценарій) до 15–18 % (оптимістичний сценарій) світового ринку в сегменті «сільське господарство» до 2040 р. У грошовому еквіваленті обсяг ринку з надання послуг на основі БПЛА в сегменті сільського господарства, який зайняли українські компанії Drone UA і UkrSpec_Systems, може сягнути 600 000 млн грн, а продаж БПЛА значно поповнить бюджет України у вигляді фіскальних відрахувань.

Загальносвітовий підхід до використання безпілотників — це комплекс засобів, які використовують максимальну висоту 120 м в області прямої видимості. БПЛА широко застосовують у сільському господарстві таких країн: Японія, Австралія, Нова Зеландія, Південна Корея, США, Італія, Аргентина, Бразилія, Мексика та ін.

Застосування БПЛА у сільському господарстві має величезний потенціал і з кожним роком інтерес до його застосування зростає. Використання безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві є інновацією для України, оскільки БПЛА, у першу чергу, використовували для військових потреб і тільки після військових випробувань почалося широке застосування в сільському господарстві.

Сучасні безпілотники оснащені мультиспектральними камерами, висока якість зображення яких дозволяє з точністю діагностувати датчиками проблемні ділянки сільськогосподарських угідь системами супутникової навігації, компактними бортовими комп'ютерами, вони також обладнані засобами для внесення хімікатів.

БПЛА в сільському господарстві здатні вирішувати такі завдання:

- оцінювання хімічного складу ґрунту;
- охорону сільськогосподарських угідь;
- прогнозування врожайності сільськогосподарських культур;
- обприскування хімічними препаратами для боротьби зі шкідниками та хворобами;

- оцінювання зростання сільськогосподарських культур;

- оперативний моніторинг стану рослин;
- оцінювання обсягу робіт і контроль за їх виконанням для оптимальної побудови іригації і меліорації;

- відстеження Normalized Difference Vegetation Index — нормалізованого вегетаційного індексу

- для послідовного внесення добрива;
- інвентаризації сільгоспугідь;
- побудови 3D моделей фермерського господарства.

За даними агентства Greenbiz сучасність використання БПЛА у сільському господарстві випереджає інші сфери економіки США [16].

Компанія Vine Rangers (Каліфорнія) надає фермерські послуги аерофотозйомки виноградників з БПЛА для подальшої рекомендації про час запилення, іригації і виявлення захворювань рослин. Компанія збирає дані з безпілотників і надає керівникам виноградників доступ до даних і рекомендації через Web-інтерфейс. Планована частина обльоту — один раз на тиждень, планована ціна послуг — 20 \$ США за 1 акр.

AeroHarvest — каліфорнійська компанія, як і Vine Rangers фокусує свої зусилля на виноградниках. Компанія розробляє пошук відведення води і оптимізацію розкладу поливу.

AgWorx — це фахівці в області зосередженого сільського господарства з Північної Кароліни, які обіцяють узяти на себе вибір оптимального часу збору врожаю, а також надання власних додатків для збору всіх необхідних даних з землі і дронів.

SenseFly (Швейцарія) розробила систему eBeeAg, яка включає в себе програмне забезпечення eMotion і літаючий модуль із вбудованою камерою. Поєднуючи ці компоненти компанія будує точні 3D карти.

Leading Edge Technologies — компанія з Міннесоти перетворює зібрані дані у «Дослідження розвідки фермерського господарства», які застосовують до таких додатків, як управління зерновими посівними роботами і для прийняття фермером обґрунтованих управлінських рішень.

Wibur-Ellis — найбільший постачальник сільгоспобладнання з Сан-Франциско, який працює над програмним забезпеченням для агрономів, інтегруючи дані супутників і знімків з БПЛА.

Trimble Navigation — Каліфорнійська компанія, що спеціалізується на додатках для різних видів моніторингу та управління — від моніторингу врожаю до управління витратами води.

Lancaster UAV — дозволяє збирати дані, необхідні для прийняття управлінських рішень на фермах і в садах.

Польові випробовування проводять протягом кількох років в Онтаріо перш ніж почати роботи для фермерських угідь.

Компанія DJI (Китай) — у 2015 р. розробила БПЛА DJI AgrasMG-1, який створено у волого- і пилозахищеного виконання з матеріалів, що не піддаються корозії, у зв'язку з чим після виконання робіт апарат може бути вимитий і складений для транспортування.

Восьмимоторний AgrasMG-1 може нести до 10 кг обприскуючої рідини і обробляти площину від 3,2 до 4 км/год.

Це в 40 разів ефективніше, ніж обприскування вручну. Безпілотний літальний апарат може розвивати швидкість до 8 м/с. і при цьому регулювати інтенсивність обприскування залежно від швидкості польоту не знижуючи ефективність розпилення.

Precision Hawk — стартап, будує «Ринок алгоритмів», які допомагають інтерпретувати дані зібрані з супутників і безпілотників.

Стан безпілотної сільськогосподарської авіації в Україні

DroneUA — українська компанія, яка є найбільш інноваційним підприємством в сільськогосподарському секторі та дозволяє вирішувати найважчі проблеми аграрного ринку України: супутниковий моніторинг, лабораторні дослідження ґрунту, контроль рослин з повітря, аерофотозйомка фермерських угідь.

UkrSpec_Systems — український флагман у вирішенні і застосуванні БПЛА планерного типу PD-1 з новітнім обладнанням і телевізійними камерами. Безпілотні літальні апарати можуть бути оснащені мультиспектральними камерами, які застосовують для моніторингу показників рослин із застосуванням інфрачервоного спектра (рис. 1). Показники, отримані за допомогою ближнього інфрачервоного спектра дозволяють визначити зміни рослинності задовго до того, як відповідні зміни проявлять себе у видимому спектрі (рис. 2).

Розвиток технологій застосування БПЛА

Квадрокоптер XK X380 Detect GPS RTF (XK-X380)	
Матеріал: пластик	
Час польоту: 30 хв.	
Швидкість: 60 км/год.	
Ємність акумулятору 5200 мАч	
Маса : 945 гр.	
Радіус дії до 1 км	
Квадрокоптер DJI PHANTOM	
Матеріал: пластик	
Час польоту: 28 хв.	
Швидкість 72 км/год.	
Швидкість зльоту: (макс.) 6 м/с	
Маса : 945 гр.	
Радіус дії до 5 км	

Рис. 1. Технічні характеристики безпілотних літальних апаратів (див. ст. 235)

Радіокерований дрон 3DR Site Scan	
Матеріал: пластик	
Час польоту: 25 хв.	
Швидкість: 89 км/год.	
Швидкість зльоту: (макс.) 10 м/с	
Маса : 1500 -2000 гр. Радіус дії до 8 км	
Дрон керований GPS DJI MAVIC PRO	
Матеріал: пластик	
Час польоту: 27 хв.	
Швидкість : 65 км/год.	
Швидкість зльоту: (макс.) 5 м/с	
Ємність акумулятору : 5200 мАч Маса : 743 гр. Радіус дії до 7 км	
БПЛА ТБ-28В	
Матеріал: пластик	
Час польоту: 6 год.	
Швидкість польоту: (мак) 120 км/год.	
Швидкість зльоту: (мак) 6 м/с	
Витрати палива : 1,2л/год. Маса: 49 кг. Максимальна дальність польоту - 500 км	
БПЛА типу ПТЕРО-СМ	
Матеріал: пластик	
Час польоту: 8 год.	
Швидкість польоту: (мак) 170 км/год	
Швидкість зльоту: (мак) 8 м/с	
Витрати палива : 1,2л/год. Маса : 10,5 кг. Максимальна дальність польоту –800 км Радіус дії до 75 км	

Рис. 1. Закінчення

**СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ АВІАЦІЇ
[НА ПІДСТАВІ SWOT-АНАЛІЗ]**



Рис. 2. SWOT-аналіз розвитку безпілотної авіації

Висновки

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) з кожним днем стають все більш затребуваними в усьому світі, про що свідчить зростання кількості БПЛА різних класів на авіаційних виставках світу. Така популярність цього класу літальних апаратів зумовлена низкою переваг перед пілотованою авіацією для вирішення широкого спектра завдань, головним із яких є відсутність екіпажу, відносно невелика вартість БПЛА, малі витрати на їх створення, виробництво і експлуатацію, великі тривалість і дальність польоту. Проаналізувавши стан і підводячи підсумки ми можемо стверджувати, що за останні 5–7 років розвитку цієї галузі машинобудування — зроблено

набагато більше, ніж за всі попередні роки. Слід відзначити — стрімкий розвиток і великі перспективи в галузі авіації за різноманітністю конструкторських рішень. Особливо відмічемо створення великої кількості безпілотних літальних апаратів — портативних, розміром менше ніж 1 м². Великий перевага чекає і на розвиток малої авіації з розмахом крил від 2 до 5 метрів. Функціональні можливості БПЛА постійно удосконалюються.

Відсутність Державного замовлення на проведення науково-дослідних і конструкторських робіт і необхідність використання власних коштів при створенні БПЛА: без чітких гарантій отримати прибуток в майбутньому — спонукає

розробників і власників відмовитися від виконання наукоємних досліджень у цій галузі. У більшості випадків використовується досвід створення і застосування вже існуючих зразків БПЛА.

Перспектива подальших досліджень

Ефективність застосування БПЛА у сільському господарстві має велике значення. За допомогою «хмарних» засобів обробки даних з дронів і малої безпілотної авіації фермери відстежують не тільки всходження рослин, але і можуть спостерігати за відхиленням техніки від заданого курсу польових робіт, не виходячи з офісу. Безпілотні літальні апарати — нова транспортна парадигма, яка активно розвивається і має бути регульована Законодавчими актами в правовому полі України.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Гребенников А. Г.** Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ. пособие / А. Г. Гребенников, А. К. Мясца, В. В. Парфенюк и др. — Х.: Нац. аэрокосм. ун-т Харьковський авіаційний інститут, 2008. — 377 с.
2. **Yun G., Mazur, M., Pederii, Y.** Proceedings of the National Aviation University. — 2017. — N1(70): 106-112 ,doi:10.18372/2306 – 1472.70.11430 (eng).
3. **Reg Austin,** Unmanned aircraft systems : UAVS design, development and deployment/2010 John Wiley & Sons Ltd., doi: 10.1002/9780470664797 (eng).
4. **Blaschke T.** Object based image analysis for remote sensing. ISPRS J.P. 65, 2 – 16. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004> (eng)
5. **Никифоров А. А.** Анализ зарубежных беспилотных летательных аппаратов / А. А. Никифоров, В.А. Мунимаев. — СПб. : Санкт-Петербургская лесотехническая академия, 2010. — 3 с.
6. **Зинченко О. Н.** Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. (часть 1) / О. Н. Зинченко. — М. : Ракурс, 2011. — <http://www.racurs.ru/page=699/>.
7. **Митрахович М. М.** Беспилотные авиационные комплексы. Методика сравнительной оценки боевых возможностей / М. М. Митрахович, В. И. Силков, А. В. Самков, Х. В. Бурштынская. — К. : ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2012. — 288 с.
8. **Завалов О. А.** Современные винтокрылые беспилотные летательные аппараты / О. А. Завалов, А. Д. Маслов. — М. : Московский авиационный институт (МАИ), 2008. — 196 с.
9. **Павлушенко М.** Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития/М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко // Научные записки ПИР Центра: национальная и глобальная безопасность. — М. : Изд-во «Права человека», 2005. — 612 с.
10. **Матійчик М. П.** Тенденції застосування безпілотних повітряних суден в цивільній авіації / М. П. Матійчик, І. А. Качало // Матеріали XI міжнародної наук.-техн. конфер. «АВІА 2013». — 2013. — С. 97.
11. **Растопчин В. В.** Беспилотные авиационные системы / В. В. Растопчин, С. С. Румянцев [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.avia.ru>.
12. **Учуваткин М.** Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в экономике / М. Учуваткин // РwC.: Иннополис 7–10 июня 2016.
13. **Харченко В. П.** Інноваційний компонент національних економічних стратегій / В. П. Харченко // Стратегія розвитку України. — 2011. — № 1. — С. 8–10.
14. Дроны могут летать очень низко [Электронный ресурс]. — Режим доступа: bespilotnik.org.
15. Особенности разработки беспилотных авиационных комплексов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/5003>.
16. Информационное агентство «Светич». Сайт о сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. — Режим доступа: svetich.info.
17. National Association of State Aviation Officials [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.nasao.org.
18. GreenBiz Group [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.greenbiz.com.

Юн Г. М., Мединський Д.В.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

У статті проведено аналіз застосування безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві для захисту рослин від хвороб та шкідників на основі вивчення зарубіжного досвіду використання мобільних авіаційних комплексів, маркетингових досліджень іноземних компаній та вивчення переваг і недоліків БПЛА порівняно з пілотними літальними апаратами. Визначено, що застосування безпілотних літальних апаратів є широко розповсюдженим у багатьох країнах світу, а результати досліджень у цьому напрямку не дивлячись на незначний термін впровадження даної технології, представлені чисельними науковими публікаціями. Обсяг світового ринку безпілотних авіаційних комплексів постійно зростає, а Україна, з огляду на високий рівень розвитку галузі авіабудування, може стати одним з провідних виробників у комплексі рішень і послуг для зростаючих потреб авіаційного ринку. Виявлено, що Україна має потенціал до використання БПЛА у сільському господарстві з огляду на технічні, економічні та людські ресурси. Проведено огляд основних виробників БПЛА, зокрема для потреб сільського господарства іноземних та українських; визначені основні технічні характеристики БПЛА, що можуть бути використанні для потреб сільського господарства в

Україні, на основі якого представлено SWOT-аналіз розвитку безпілотної сільськогосподарської авіації. Розглянуто перспективи та можливості розробки стратегії безпілотної сільськогосподарської авіації в Україні. Визначено, що для ефективного розвитку виробництва та застосування безпілотних літальних апаратів, необхідно додаткове фінансування та розробка програм, що направлені на активізацію діяльності у даному напрямку (надання пільг та державної підтримки виробникам технологій і послуг, розробка програм щодо донесення інформації про технології та виробників до потенційних споживачів у сфері сільського господарства, організація навчання персоналу для впровадження БПЛА у сільськогосподарчі потреби населення).

Ключові слова: безпілотний літальний апарат; рослина; сільське господарство; технологія; безпілотний авіаційний комплекс.

Юн Г. Н., Мединский Д. В.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В статье дан анализ применению беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве для защиты растений от болезней и вредителей на основе изучения зарубежного опыта в использовании мобильных, авиационных комплексов, маркетинговых исследований иностранных компаний и изучения преимуществ, недостатков БПЛА в сравнении с пилотируемыми летательными аппаратами. Определено, что применение беспилотных летательных аппаратов широко распространено во многих странах мира, а результаты исследований в этом направлении, несмотря на небольшой срок внедрения данной технологии, представлены многочисленными научными публикациями. Объём мирового рынка беспилотных авиационных комплексов постоянно увеличивается, а Украина, с учётом высокого развития отрасли авиастроения может стать одним из ведущих производителей комплексных решений и услуг для постоянно растущих потребностей этого рынка. Украина имеет потенциал к использованию БПЛА в сельском хозяйстве с точки зрения на технические, экономические, человеческие ресурсы. Был проведен анализ основных производителей БПЛА в сельском хозяйстве зарубежных стран и Украины; определены основные технические характеристики БПЛА в частности те, которые используются в сельском хозяйстве; на основе которого представлен SWOT-анализ развития стратегии беспилотной сельскохозяйственной авиации в Украине. Рассматривается возможность разработки стратегии развития беспилотной сельскохозяйственной авиации в Украине. Определено, что для эффективного развития производства и применения беспилотных летательных аппаратов — необходимо дополнительное финансирование и разработка программ, чтобы направить активизацию деятельности государства в этом направлении (предоставление льгот, государственная поддержка производителям технологий и услуг, разработка программ в отношении информирования о технологиях и производителях к потенциальным потребителям в сфере сельского хозяйства, а также организация обучения персонала для внедрения БПЛА в сельскохозяйственные потребности населения).

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; растение; сельское хозяйство; технология; беспилотный авиационный комплекс.

Yun G. N., Medynskiy D. V.

THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN AGRICULTURE

The article analyzes the use of unmanned aerial vehicles in agriculture to protect plants against diseases and pests by studying foreign experience in the use of mobile, airborne, complexes, marketing research of foreign companies and studying the advantages and disadvantage of UAV in comparison with manned aircraft. Certainly, that the use of unmanned aerial vehicles is widespread in many countries of the world, and the results of research in this direction despite the short period of introduction of this technology are presented by numerous scientific publications. The volume of the world market of unmanned aerial systems is constantly increasing, and Ukraine, taking into account the high development of the aircraft manufacturing industry, can become one of the leading manufactures of integrated solutions and services for the ever growing needs of this market. Ukraine has the potential to use UAV in agriculture in terms of technical, economic, human resources. An analysis was conducted of the main UAV manufacturers in agriculture of foreign countries and Ukraine; the basic, technical characteristics of UAV are determined, in particular those used in agriculture; on the basis of which the SWOT analysis of the development of the strategy of unmanned agricultural aviation in Ukraine is presented. The possibility of developing a strategy for the development of unmanned agricultural aviation in Ukraine is considered. Certainly, in order to effectively develop production and use of unmanned aerial vehicles, additional funding and development of programs is needed to direct the revitalization of the State in this direction (provision of benefits, state support for the producer of technologies and services, development of programs for inform[ing about technologies and manufacturers of to consumers in the field of agriculture, as well as the organization of training of personnel for the introduction of UAV in the agricultural needs of the population).

Keywords: unmanned aerial vehicle; plant; agriculture; technology; unmanned aviation complex.

Стаття надійшла до редакції 27.10.2017 р.
Прийнято до друку 29.10.2017 р.
Рецензент — канд. екон. наук, Соловійова О. О.