

М.Л. ШУЛЯК, М.О. МІКУЛІНА, Я.В. МУДРИЙ, В.О. ПИРОГОВ

ВПЛИВ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ В РОСЛИННИЦТВІ

У статті формується інформаційна база для аналізу, оцінювання та вибору оптимальних за ефективністю варіантів залучення безпілотних авіаційних систем для вирішення завдань ефективного землекористування. На думку авторів, особливою актуальністю відрізняються завдання використання земельних ресурсів на тих сільських територіях, які розташовані віддалено та у важкодоступних районах. Проблеми щорічного зростання чисельності населення планети потребують розвитку високих технологій в аграрному секторі, створення обґрунтованого землеробства. Перспективним напрямом такого землеробства є використання БПЛА. Їх застосування доцільно при вирішенні наступних завдань: інвентаризації сільгоспугідь, створенні електронних карт полів, оцінюванні обсягів робіт та здійсненні контролю за їх виконанням, веденні оперативного моніторингу стану посівів, оцінці схожості та врожайності певних сільськогосподарських культур, обробці посівів засобами захисту рослин та боротьбі зі шкідниками. Прогнозовано, що й надалі БПЛА активно прийматимуть участь у всіх сферах життєдіяльності людства, включаючи і сільське господарство. Ці апарати здатні значно збільшити продуктивність праці за загальної тенденції зниження витрат виробництва.

Ключові слова: точне землеробство, БПЛА, сільське господарство.

M. SHULIAK, M. MIKULINA, Ya. MUDRYI, V. PIROGOV

THE EFFECT OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES ON INCREASING THE EFFICIENCY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS IN PLANT FARMING

In the article, an information base is formed for the analysis, evaluation and selection of the most effective options for involving unmanned aerial systems in solving the problems of effective land use. According to the authors, the tasks of using land resources in those rural territories that are located remotely and in hard-to-reach areas are particularly relevant. The problems of the annual growth of the population of the planet require the development of high technologies in the agricultural sector, the creation of rational agriculture. A promising direction of precision agriculture is the use of UAVs. Their use is expedient in solving the following tasks: inventorying agricultural land, creating electronic maps of fields, estimating the volume of work and monitoring their implementation, conducting operational monitoring of the state of crops, assessing the germination and yield of certain agricultural crops, protecting agricultural lands appointment, treatment of crops with means of plant protection and pest control. We predict that in the future UAVs will be actively felt in all spheres of human activity, including agriculture. These devices are able to significantly increase labor productivity with a general tendency to reduce production costs.

Recently, innovative tools have appeared and are being used: satellite and computer technologies, which have become available for various spheres of the national economy. Their development and implementation in the agricultural sector led to the development of precision agriculture. The basis of advanced technologies of sustainable farming is the rejection of the use of the plow. A set of techniques is being formed that are aimed at combating soil degradation, which contributes to a decrease in fertility, loss of moisture and a drop in productivity.

Key words: precision agriculture, UAV, agriculture.

Вступ. Стрімкий розвиток БПЛА сприяє змінам моделей виробництва у багатьох сферах, зокрема у сільському господарстві. Можливість досягнення економічної ефективності формує інтерес до використання безпілотних літальних апаратів. За витратами на експлуатацію авіаційні операції БЛА виходять дешевше за супутникові технології дистанційного зондування Землі (ERS) і дешевше за пілотовані літаки, так, година польоту БПЛА на сільськогосподарських роботах майже вдвічі дешевша у порівнянні з годинною вартістю повітряних робіт укомплектованого літака Ан-2. Додатковими перевагами БПЛА є те, що вони програмується на польоти заданими маршрутами, можуть досліджувати територію автономно та зависати над нею. Ця властивість БПЛА – величезна перевага перед іншими літальними апаратами. До того ж, склався широкий спектр використання БПЛА: розпорошення реагентів, моніторинг стану посівів. Використання БПЛА сприяє збільшенню врожаю у кілька разів. Землеробство є однією з найважливіших галузей сільського господарства, яка забезпечує

населення світу харчовими продуктами. Однак, у зв'язку зі зростанням населення та збільшенням попиту на продукти харчування, виникає необхідність у підвищенні ефективності виробництва продукції рослинництва. У цьому контексті, безпілотні літальні апарати, які широко використовуються в різних сферах, можуть стати важливим інструментом інноваційності землеробства.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. У працях вітчизняних та зарубіжних вчених приділено велику увагу системному аналізу застосування різних за типом моделей БПЛА. Перспективам розвитку БПЛА були присвячені роботи таких вчених, як: Матійчик М. П., Митрахович М. М., Пронь С.В., Харченко В. П., Гребенников А. Г., Мялиця А. К., Парфенюк В. В. Але й на даний час не визначено повного переліку робіт, які можуть успішно виконуватися із використанням БПЛА.

Одним з основних впливів безпілотних літальних апаратів на землеробство є зниження питомих витрат на виробництво одиниці сільськогосподарської продукції. Завдяки безпілотним літальним апаратам, зменшується необхідність в залученні великої кількості низькокваліфікованого персоналу для виконання рутинних задач, що може суттєво зменшити витрати на собівартість продукції. Крім того, використання безпілотних літальних апаратів дозволяє зменшити час, необхідний для виконання робіт на полях, що дозволяє збільшити продуктивність роботи завдяки ефективному використанню технічних характеристик БПЛА (рис. 1) [5].

Використання БПЛА дозволяє вирішувати нагальні проблеми сільськогосподарського ринку України, за їх допомогою здійснюється: моніторинг ґрунтів, контроль за рослинами з повітря, аерофотозйомки фермерських угідь, картографування тощо. Передовими флагманами у застосуванні БПЛА в Україні є підприємства DroneUA та UkrSpec_Systems. Останнє є одним з основних в Україні по використанню БПЛА планерного типу PD-1, на якому улаштоване новітнє обладнання і телевізійні камери [5].

Квадрокоптер ХК Х380 Detect GPS RTF (ХК-Х380)	
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 типових безпілотних літальних апаратів

Окрім зниження витрат на собівартість, використання безпілотних літальних апаратів також може збільшити точність та якість робіт на полях. Безпілотні літальні апарати здатні здійснювати зйомку з висоти та створювати карту рельєфу, що дозволяє точніше визначити місця, де необхідно здійснювати захисні заходи та зробити роботи більш ефективними. Також

безпілотні літальні апарати можуть бути використані для моніторингу рослинності, зокрема, для визначення її стану та здоров'я. Для цього зазвичай використовуються спектральні камери, які здатні реєструвати різні види світла, включаючи інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання. Аналізуючи дані, отримані з таких камер, можна визначити стан рослинності та вчасно виявити можливі проблеми [2].

Підвищення ефективності систем поливу, також досягається із застосуванням безпілотних літальних апаратів. Деякі моделі здатні виявляти рівень вологості ґрунту та рівень води у ґрунті. Це дозволяє планувати та розподіляти полив з метою забезпечення реалізації біопотенціалу рослин та оптимальної витрати води.

Мета та постановка задачі дослідження. Метою даної роботи є розглянути вплив використання БПЛА на ефективність виконання технологічних операцій у землеробстві. Стрімкий розвиток БПЛА сприяє змінам моделей виробництва у багатьох сферах, зокрема у сільському господарстві. Можливість досягнення економічної ефективності формує інтерес до використання безпілотних літальних апаратів, проте для оцінки такої ефективності не вистачає теоретичної бази та експериментальних досліджень за даним напрямом.

Основний матеріал та результати дослідження. Одним із важливих аспектів використання безпілотних літальних апаратів є зменшення втрат врожаю. За допомогою даних, отриманих з камер та сенсорів, можна визначити рівень забруднення ґрунту, виявити шкідників та хвороби рослин, що може позначатися на їх здоров'ї та врожаї. Якщо проблема буде виявлена вчасно, то можна вжити заходів для її усунення та зменшення втрат врожаю. Крім того, використання безпілотних літальних апаратів дозволяє покращити ефективність обробки ґрунту. За допомогою даних, отриманих з датчиків, можна визначити оптимальний час для обробки ґрунту та вибрати оптимальний тип обробки, що дозволяє збільшити врожайність та знизити витрати на захист рослин [4].

Більш того, безпілотні літальні апарати можуть виявляти нерівномірність засіву та розсіву на полі, що є ключовим фактором для досягнення високих врожаїв. Завдяки цим даним, землероби можуть вчасно вжити необхідних заходів для покращення рівномірності засіву та розсіву, що забезпечує оптимальний ріст та розвиток рослин. Також, безпілотні літальні апарати можуть використовуватись для моніторингу та контролю за різними агрохімічними процесами. Завдяки цьому землероби можуть ефективніше контролювати всі етапи вирощування та збирання врожаю, що знижує втрати та збільшує продуктивність.

Одним із найбільш перспективних напрямів використання безпілотних літальних апаратів у землеробстві є використання даних, зібраних апаратами, для комплексного підходу в роботі систем точного землеробства. Це означає, що землероби можуть використовувати цифрові технології та точне картографування, щоб підбирати оптимальні настройки для різних ділянок поля, забезпечуючи максимальну продуктивність та ефективність [7].

Саме така синергія з системами точного землеробства дозволяє зменшити втрати, пов'язані з переробкою та використанням ресурсів, а також збільшити врожайність та знизити витрати на паливо та засоби захисту рослин. Завдяки цим перевагам використання безпілотних літальних апаратів веде до зниження затрат на землеробство та підвищення врожайності. Однак, на сьогоднішній день використання безпілотних літальних апаратів в землеробстві не є широко поширеною практикою. Хоча науково-технічний прогрес і дозволяє використовувати безпілотні літальні апарати в землеробстві, технологічні підходи до їх використання були розроблені відносно недавно, а їх запровадження у виробництво потребує подальших досліджень, тому багато фермерів не володіють достатньою кількістю інформації про їх переваги та можливості застосування. Також існує проблема недостатньої кількості фахових спеціалістів, що мають необхідні знання та навички з експлуатації БПЛА. Оговорені проблеми, відштовхують від їх використання [1].

На даний момент безпілотні літальні апарати використовуються, окремими господарствами, переважно для картографування поля, виявлення хвороб та шкідників, контролю за врожаєм, аналізу ґрунту та застосування добрив. Проте можливості їх застосування є набагато

ширшими. Одним з можливих напрямків використання безпілотних літальних апаратів в землеробстві є контроль за рівнем вологості ґрунту. За допомогою спеціальних датчиків безпілотні літальні апарати можуть вимірювати вологість ґрунту на різних глибинах, що дозволяє точно визначати потреби кожної ділянки у зрошенні. Це допомагає збільшити ефективність зрошення, знизити витрати на воду та підвищити врожайність. Інший напрямок використання безпілотних літальних апаратів у землеробстві полягає в аналізі ґрунту та картографуванні. Завдяки спеціальним камерам та сенсорам безпілотних літальних апаратів можна провести детальний аналіз ґрунту, визначити його структуру та якість. На основі отриманих даних можна зробити висновки щодо оптимального використання ґрунту, вибрати найкращу стратегію землеробства та збільшити врожайність [6].

Крім того, картографування поля за допомогою безпілотних літальних апаратів дозволяє збирати велику кількість даних про рельєф та структуру поля. Це допомагає зробити точну карту поля з визначенням границь різних зон, що дозволяє ефективно планувати роботи на полі та зменшити витрати на використання ресурсів. Також, безпілотні літальні апарати можуть проводити оцінку пошкоджень на полі, що дає змогу вчасно виявляти шкідники та захищати врожай від них.

Стратегія розвитку безпілотної сільськогосподарської авіації на підставі SWOT-аналізу представлена на рис.2.



Рис. 2 – SWOT-аналіз розвитку безпілотної авіації (складено на основі [7])

Отже, безпілотні літальні апарати мають великий потенціал у покращенні ефективності землеробства, зниженні витрат та підвищенні врожайності. Завдяки новітнім технологіям, які використовуються у дронів, землероби можуть отримати більш точну та швидко інформацію про стан своїх полів, що дозволяє розробляти більш ефективні коротко- та довгострокові стратегії раціонального землеробства.

Безпілотні літальні апарати можуть використовуватись для моніторингу росту рослин, що дозволяє збільшити врожайність та знизити витрати на добрива та інші ресурси. За допомогою камер та сенсорів, встановлених на дронах, можна зібрати детальну інформацію про рослини, таку як їхню висоту, густину, кольори та форму, що дозволяє визначити їхні потреби в добривах та воді [3].

Крім того, безпілотні літальні апарати допомагають у виявленні хвороб та шкідників рослин на стадіях, які є недоступними для інших методів моніторингу, це дозволяє ефективно контролювати поширення хвороб та шкідників на ранніх (початкових) етапах. Використання

безпілотних літальних апаратів у землеробстві також дозволяє збільшити точність та швидкість розподілу засобів захисту рослин, що зменшує вплив на довкілля та збільшує ефективність їхнього використання (зменшення втрат).

Збір інформації про ґрунт, за допомогою дронів дозволяє отримувати детальну інформацію про вологість ґрунту, його хімічний склад та структуру. Основна перевага такого підходу, це можливість здійснювати роботи в складних умовах та важкодоступних місцях, де люди не можуть дістатися або діяти безпечно [3].

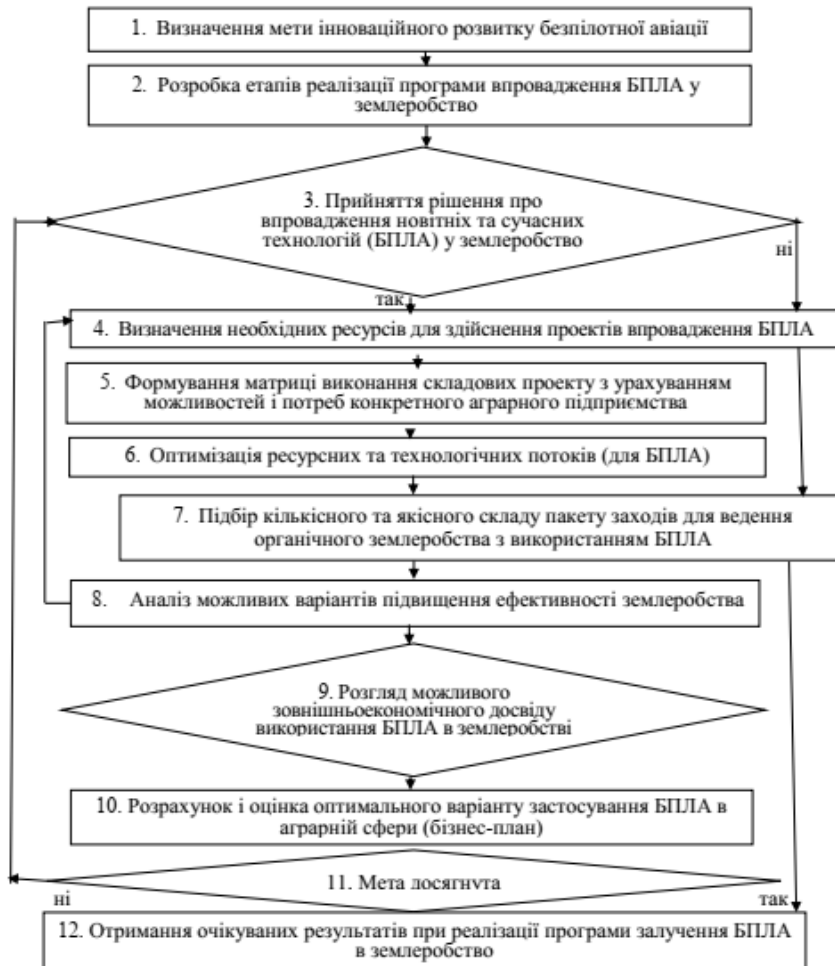


Рис. 3 – Алгоритм реалізації програми залучення БПЛА в землеробство

В даній роботі розроблено алгоритм реалізації програми залучення БПЛА в технологічні процеси виготовлення продукції рослинництва (рис. 3). Запропонована до розгляду модель дозволяє побудувати оптимізовану базу розвитку аграрного формування покровоко: «наукове обґрунтування-розробка моделі-впровадження у виробництво-конкурентоспроможність продукції-прибуток підприємства».

Модернізаційний стан національної економіки сприяє розробці заходів, спрямованих на сталий розвиток аграрного виробництва.

Розроблена авторами модель має виступити основою механізму реалізації програми захисту та нормалізації стану земельних ресурсів сільськогосподарського призначення, у якій активно будуть використовуватися новітні технології та розробки галузі. В подальшому підхід із збільшенням частки використання БПЛА у землеробстві має сприяти складанню паспорта якості земель, де будуть враховуватись, як статичні так і змінні параметри.

Висновки.

Аналіз проведений в даній роботі доводить, що загалом, використання безпілотних літальних апаратів в землеробстві дозволяє значно покращити ефективність та точність робіт,

знизити собівартість продукції та витрати палива, збільшити врожайність та знизити ризик виникнення негативних наслідків від використання хімічних препаратів. Проте було виявлено, що технологічні підходи до використання БПЛА були розроблені відносно недавно, а їх запровадження у виробництво потребує подальших досліджень. Також існує проблема недостатньої кількості фахових спеціалістів, що мають необхідні знання та навички з експлуатації БПЛА. Враховуючи все вищезазначене, можна стверджувати, що безпілотні літальні апарати є перспективною технологією для землеробства, яка має великий потенціал для подальшого розвитку та удосконалення, а технологічні основи їх використання повинні бути науково обґрунтовані.

Список літератури:

1. Огляд правового поля дронів в Україні. URL: <https://uprom.info/news/other/oglyad-problemivikoristannyabezpilotnikiv-v-ukrayini/> (дата звернення 20.02.2023)
2. Роль безпілотників у сільському господарстві. URL: <https://www.imena.ua/blog/drones-in-agriculture/> (дата звернення 09.03.2023)
3. Галузі майбутнього: як безпілотники підкорюють Україну. URL: <https://mind.ua/publications/20187343-galuzi-majbutnogo-yakbezpilotnikipidkoryuyut-ukrayinu> (дата звернення 28.02.2023)
4. Дрони стають ще розумнішими. URL: <http://propozitsiya.com/ua/drony-dlya-silskogo-gospodarstva-stayutuserozumnishymy> (дата звернення 29.03.2023)
5. Дрони для аграріїв. URL: <http://www.50northspatial.org/ua/drones-in-agriculture> (дата звернення 29.03.2023)
6. Агрокоптер. URL: <http://agrimatika.com.ua/agrokopter-abo-dron-poloviy/> (дата звернення 19.04.2023)
7. Пронь С.В. Удосконалення транспортно-технологічного процесу для забезпечення вирощування сільськогосподарських культур: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Київ, 2019. 234 с.

References (transliterated):

1. Ohliad pravovoho polia droniv v Ukraini. URL: <https://uprom.info/news/other/oglyad-problemivikoristannyabezpilotnikiv-v-ukrayini/> (data zvernennia 20.02.2023)
2. Rol bezpilotnykiv u silskomu hospodarstvi. URL: <https://www.imena.ua/blog/drones-in-agriculture/> (data zvernennia 09.03.2023)
3. Haluzi maibutnoho: yak bezpilotnyky pidkoryuiut Ukrainu. URL: <https://mind.ua/publications/20187343-galuzi-majbutnogo-yakbezpilotnikipidkoryuyut-ukrayinu> (data zvernennia 28.02.2023)
4. Drony staiut shche rozumnishymy. URL: <http://propozitsiya.com/ua/drony-dlya-silskogo-gospodarstva-stayutuserozumnishymy> (data zvernennia 29.03.2023)
5. Drony dlia ahrariiv. URL: <http://www.50northspatial.org/ua/drones-in-agriculture> (data zvernennia 29.03.2023)
6. Ahrokopter. URL: <http://agrimatika.com.ua/agrokopter-abo-dron-poloviy/> (data zvernennia 19.04.2023)
7. Pron S.V. Udoskonalennia transportno-tekhnologichnoho protsesu dlia zabezpechennia vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur: dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.01. Kyiv, 2019. 234 s.

Надійшла (received) 10.05.2023 р.

Відомості про авторів / About the Authors

Шуляк Михайло Леонідович (Shuliak Mykhailo) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінжинірингу, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7286-6602>, e-mail: m.l.shulyak@gmail.com

Мікуліна Марина Олександрівна (Mikulina Maryna) – кандидат економічних наук, доцент кафедри агроінжинірингу, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6918-5192>, e-mail: marinamikulina1@ukr.net

Мудрий Ярослав Володимирович (Mudryi Yaroslav) – здобувач вищої освіти PhD, Сумського національного аграрного університету, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна; e-mail: kaf.agreng@gmail.com

Пирогов Вячеслав Олексійович (Pirogov Viacheslav) – здобувач вищої освіти PhD, Сумського національного аграрного університету, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна; e-mail: kaf.agreng@gmail.com