

створення системи внутрішнього зв'язку. Можливість вибору типу конфігурації в залежності від вимог Замовника, забезпечує пристосування до необхідних умов експлуатації, в яких окремим членам екіпажу надається реалізація функціональності різних ступенів. На сьогоднішній день система зв'язку й автоматизації переведена на цифрові засоби, що дозволило забезпечувати виконання першочергових завдань з управління військами.

Враховуючи те, що усі окремі складові зовнішнього середовища взаємопов'язані, найбільш доцільним підходом до вивчення впливу загального зовнішнього середовища на АВЗК є системний підхід, який дає змогу відслідковувати не лише зміни в межах окремих складових, а й їхній взаємний, перехресний вплив.

*Ключові слова:* техніка зв'язку, апаратура внутрішнього зв'язку та комутації.

УДК 621.396.2

## ДРОНИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: ТЕХНОЛОГІЧНА РЕВОЛЮЦІЯ ДЛЯ АГРАРНОГО СЕКТОРА

*Шелемаха В. В., Цибульник С. О.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [vlad.shelemakha0302@gmail.com](mailto:vlad.shelemakha0302@gmail.com), [tsybulnik.s.a@gmail.com](mailto:tsybulnik.s.a@gmail.com)*

### **Вступ**

Розвиток технологій у сільському господарстві, зокрема застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА), відкриває нові можливості для моніторингу стану рослин, діагностики хвороб і оптимізації використання ресурсів. Однак цей напрямок стикається з низкою викликів, серед яких – складність класифікації об'єктів через різноманіття умов зйомки, технічні обмеження обладнання, вплив погодних умов на якість знімків та труднощі з раннім виявленням захворювань [1][2][3].

Незважаючи на оснащення дронів сучасними сенсорами, такими як мультиспектральні камери, їхнє ефективне використання ускладнюється високими вимогами до обслуговування, обмеженою тривалістю польоту та необхідністю стабільного зв'язку в польових умовах [4]. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу: удосконалення алгоритмів обробки даних, покращення технічних характеристик дронів і розвиток інфраструктури. Це дозволить підвищити ефективність аграрного виробництва та забезпечити сталий розвиток галузі в умовах кліматичних змін і зростання населення.

### **Теоретичні основи використання дронів у сільському господарстві**

Дрони, або безпілотні літальні апарати (БПЛА), відіграють важливу роль у сучасному сільському господарстві завдяки здатності ефективно моніторити великі площі, виявляти хвороби рослин та оптимізувати використання ресурсів [4]. Вони дозволяють агрономам отримувати точні дані про стан рослинності

навіть у важкодоступних місцях, що підвищує ефективність аграрних процесів. З розвитком сенсорних технологій дрони стали ще більш функціональними – наприклад, використання мультиспектральних камер дає змогу аналізувати рослини в різних спектрах, включаючи інфрачервоний.

Залежно від конструкції та функцій дрони можуть бути ротаційними або фіксованими, автоматизованими чи з ручним керуванням, а також оснащуватися GPS-навігацією для точного позиціонування [5]. Мультиспектральні сенсори, встановлені на дронах, допомагають агрономам визначати рівень стресу у рослин, прогнозувати врожайність і своєчасно реагувати на проблеми, зокрема дефіцит поживних речовин [5].

Використання дронів дозволяє значно підвищити продуктивність сільського господарства – вони можуть автоматично обробляти поля пестицидами чи добривами, що економить час і ресурси [6]. Водночас існують технічні обмеження, зокрема обмежена тривалість польоту через ємність батарей, а також потреба у професійному обслуговуванні та точному калібруванні сенсорів [6].

#### **Моніторинг стану рослин за допомогою дронів**

Моніторинг стану рослин за допомогою дронів став важливою складовою сучасного сільського господарства. Безпілотники забезпечують агрономів точною інформацією про здоров'я рослин, рівень вологості ґрунту, наявність шкідників і хвороб, а також допомагають оцінити загальний стан посівів [7]. Завдяки мультиспектральним та інфрачервоним камерам, дрони можуть виявляти зміни у фотосинтетичній активності рослин, зокрема за допомогою індексу NDVI.

Процес моніторингу включає аерофотозйомку полів, обробку зображень спеціальним ПЗ та створення карт, що відображають параметри рослин, такі як щільність і вологість [7]. Це дає змогу агрономам оперативно виявляти проблемні ділянки, знижуючи витрати та підвищуючи якість врожаю. Традиційні методи поступаються дронам у швидкості та ефективності, особливо на великих площах.

Попри переваги, використання дронів пов'язане з певними викликами, зокрема потребою у навчанні персоналу та калібруванні обладнання. Технології постійно оновлюються, і аграрії мають бути готові до впровадження нових рішень, аби максимально використати потенціал дронів у агровиробництві [8].

#### **Технічні обмеження дронів у сільському господарстві**

Попри численні переваги, використання дронів у сільському господарстві супроводжується технічними обмеженнями, які впливають на їх ефективність. Одним із ключових викликів є обмежений час польоту – більшість дронів можуть працювати лише 20–40 хвилин, що недостатньо для моніторингу великих площ і потребує частих підзарядок або заміни батарей [8]. До цього додається обмежена вантажопідйомність: дрони здатні нести лише легке

обладнання, що ускладнює використання потужніших сенсорів і систем обробки рослин.

Іншою проблемою є складність обробки зібраних даних. Хоча дрони можуть фіксувати великі обсяги інформації, для її аналізу потрібні потужні комп'ютери, спеціалізоване програмне забезпечення та навчений персонал, що вимагає додаткових інвестицій. Час, необхідний на обробку даних, також може затримувати ухвалення важливих агротехнічних рішень [9].

Також дрони вразливі до атмосферних умов, зокрема вітру, дощу та туману, які впливають на якість зображень і точність даних. Крім того, існують правові обмеження – в деяких країнах для використання дронів потрібні спеціальні дозволи, що ускладнює планування робіт [10]. Побоювання щодо порушення приватності також можуть стримувати впровадження цієї технології.

### **Виклики та перспективи розвитку технологій дронів у сільському господарстві**

Використання дронів у сільському господарстві відкриває значні можливості для підвищення ефективності, проте супроводжується низкою викликів. Зокрема, необхідна інтеграція дронів з іншими агротехнологіями – системами управління даними, аналітичними платформами, IoT та ШІ, що є критично важливим для максимального використання їх потенціалу. Додатково, високі витрати на впровадження, обслуговування та навчання персоналу можуть стати бар'єром для малих і середніх фермерів [11].

Попри це, перспективи виглядають багатообіцяюче. Дрони стають дедалі автономними завдяки розвитку ШІ та обробки даних, що дозволяє їм не лише збирати, а й аналізувати інформацію в реальному часі [11]. Вони також сприяють екологічно чистому землеробству, забезпечуючи точне внесення добрив і пестицидів, що відповідає глобальним тенденціям сталого розвитку [12].

Завдяки технологічним інноваціям, з'являються нові моделі дронів з покращеними характеристиками – більшим часом польоту, вантажопідйомністю та стійкістю до погодних умов. Це відкриває шлях до створення автономних агродронів, здатних виконувати широкий спектр завдань без втручання людини [13]. Отже, попри існуючі виклики, дрони залишаються ключовим елементом трансформації агросектору та підвищення його стійкості в умовах глобальних викликів [14].

*Ключові слова:* безпілотні літальні апарати, дрони, сільське господарство, моніторинг рослин, діагностика захворювань, мультиспектральні сенсори, автоматизація агрономічних процесів, ефективність агрономії, обробка зображень, агрономічний менеджмент.

### **Література**

- [1] Ting, H., Zhang, J., & Zhang, D. (2023). A Survey of Object Detection for UAVs Based on Deep Learning. – <https://doi.org/10.3390/rs16010149>
- [2] Jose Cuaran (2021). Crop Monitoring using Unmanned Aerial Vehicles: A Review – <http://dx.doi.org/10.18805/ag.R-180>

- [3] Ulzhalgas Seidalieva, Lyazzat Iipbayeva, Kyrmyzy Taissariyev, Nurzhigit Smailov & Eric T. Matson (2024). Advances and Challenges in Drone Detection and Classification Techniques: A State-of-the-Art Review. – <https://doi.org/10.3390/s24010125>
- [4] Chin, R., Catal, C., & Kassahun, A. (2023). Plant disease detection using drones in precision agriculture. – <https://doi.org/10.1007/s11119-023-10014-y>
- [5] Abderahman Rejeb, Alireza Abdollahi, Karim Rejeb, Horst Treiblmaier (2022) Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. – <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>
- [6] Swee King Phang, Tsai Hou Adam Chiang, Ari Happonen, Miko May Lee Chang (2023). From Satellite to UAV-Based Remote Sensing: A Review on Precision Agriculture. – <https://ieeexplore.ieee.org/document/10310142>
- [7] Rajendra P. Sishodia, Ram L. Ray & Sudhir K. Singh (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. – <https://doi.org/10.3390/rs12193136>
- [8] Meghna Raj, Harshini N B, Shashank Gupta, Mohammed Atiquzzaman, Oshin Rawlley, Lavika Goel (2023). Leveraging precision agriculture techniques using UAVs and emerging disruptive technologies. – <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2024.100300>
- [9] Davide Liuzza (2018). A review on the use of drones for precision agriculture. - <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/275/1/012022>
- [10] J. Zhao (2024). Drone Technology for Precision Agriculture: Advancements and Optimization Strategies – <https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/23944>
- [11] Chunhua Zhang, John M. Kovacs (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. - <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-012-9274-5>
- [12] Rajeev Ranjan Patel, Bhanu Prakash Mishra (2023). Drone in Agriculture: Application, Challenges and Future Perspective. – [https://www.researchgate.net/publication/376782842\\_Drone\\_in\\_Agriculture\\_Application\\_Challenges\\_and\\_Future\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/376782842_Drone_in_Agriculture_Application_Challenges_and_Future_Perspective)
- [13] V. Balafas, E. Karantoumanis, M. Louta and N. Ploskas, "Machine Learning and Deep Learning for Plant Disease Classification and Detection," – <https://ieeexplore.ieee.org/document/10286031>
- [14] Zualkernan, I.; Abuhani, D.A.; Hussain, M.H.; Khan, J.; ElMohandes, M. Machine Learning for Precision Agriculture Using Imagery from Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Survey. Drones 2023, 7, 382. – <https://www.preprints.org/manuscript/202305.0093/v1>

УДК 519.004:621.833

**БАГАТОРІВНЕВА ОБРОБКА ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ  
ДІАГНОСТИКИ ПОШКОДЖЕНЬ АВІАЦІЙНИХ ГАЗОТУРБІННИХ  
ДВИГУНІВ ЧЕРЕЗ ПОТРАПЛЯННЯ СТОРОННІХ ОБ’ЄКТІВ**

*Паздрій О. Я., Повшенко О. А.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [olgapazdri@gmail.com](mailto:olgapazdri@gmail.com), [povshenko.oleksandr@iit.kpi.ua](mailto:povshenko.oleksandr@iit.kpi.ua)*

Авіаційні газотурбінні двигуни (ГТД) є складними обертовими системами, що працюють у важких умовах під дією постійних динамічних навантажень. Для забезпечення безпеки польотів необхідний постійний контроль та моніторинг їх технічного стану. Незважаючи на високий рівень технологічного