

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти
На тему: « Обґрунтування технічного забезпечення
мобільної бази БПЛА сільськогосподарського
призначення»

Виконав:

(підпис)

Галицький А.В.

(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2302-1м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Думанчук М.Ю.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024

Реферат

Випускна кваліфікаційна робота представлена на 50 сторінках машинописного тексту, що містить 1 таблицю, 19 рисунків, 15 джерел посилань.

Ключові слова: БПЛА, сільське господарство, мобільна база, технічне забезпечення, дрони, агротехнічні операції.

У магістерській роботі розглядається обґрунтування технічного забезпечення мобільної бази для обслуговування та експлуатації БПЛА сільськогосподарського призначення. Мобільна база виступає важливим елементом для підтримки функціонування дронів у польових умовах, забезпечуючи їхню оперативну зарядку, технічне обслуговування, оновлення програмного забезпечення та зберігання.

Основна мета роботи — розробка технічного обґрунтування та створення оптимальної концепції мобільної бази для сільськогосподарського БПЛА, яка буде здатна підтримувати високу продуктивність дрону протягом усього періоду польових робіт.

У ході дослідження було проаналізовано існуючі рішення з технічного забезпечення безпілотних літальних апаратів та запропоновано власну концепцію мобільної бази. База включає системи зарядки акумуляторів, технічне обслуговування, зберігання запасних частин, а також засоби для аналізу зібраних даних і планування наступних польотів. Запропонований перелік заходів з охорони праці при використанні БПЛА, проведено економічне обґрунтування.

Отримані результати роботи можуть бути застосовані для підвищення ефективності використання БПЛА у сільському господарстві та забезпечення їхньої безперервної роботи в умовах великих сільськогосподарських угідь.

Зміст

Зміст.....	3
Вступ.....	5
.	
Розділ 1. Актуальність запропонованої теми, аналіз проблеми та постановка задачі.	
1.1 Історія впровадження безпілотних літальних апаратів у сільськогосподарське виробництво.....	7
1.2 Основні проблеми застосування БПЛА в сільському господарстві.....	8
1.3 Перспективні напрямки використання безпілотних літальних апаратів у сільськогосподарському виробництві.....	11
Розділ 2. Створення та обґрунтування технічного забезпечення мобільної бази БПЛА сільськогосподарського підприємства ТОВ АФ «Агрозахист».	
2.1 Основні засади створення ефективної інфраструктури комплексу БПЛА сільськогосподарського призначення.....	13
2.2 Загальний план створення мобільної бази БПЛА при наданні послуг з хімізації агрофірмою ТОВ «Агрозахист».....	15
2.3 Система автономного живлення.....	18
2.4 Система керування дроном.....	19
2.5 Платформа для здійснення хімізації та розподілу добрив.....	22
2.6 Система навігації та розпізнавання перешкод.....	24
2.7 Програмне забезпечення.....	26
2.8 Насосно-змішувальний вузол.....	28
2.9 Портативна м'яка станція та набір інструментів для обслуговування та ремонту.....	29

Розділ 3. Охорона праці при роботі з БПЛА в сільському господарстві	
3.1. Основні нормативно-правові документи, які визначають вимоги до безпеки під час використання дронів.....	31
3.2 Перелік основних заходів та способи їх дотримання.....	33
Розділ 4. Економічне обґрунтування використання дрону у порівнянні з традиційною наземною технікою.	
4.1 Доцільність застосування.....	36
4.2 Порівняльний аналіз витрат.....	38
4.3. Математичний аналіз економічної доцільності використання агродрону XAG p100pro.....	40
Розділ 5. Основні рекомендації по застосуванню в польових умовах	
5.1. Оптимальні параметри налаштування по висоті польоту.....	41
5.2. Вплив погодних чинників.....	42
5.3 Рекомендації по роботі з десикантом та гербіцидами.....	42
Висновки.....	43
Список використаних джерел.....	44
Додатки.....	45

Вступ

Сільське господарство сучасності активно впроваджує інноваційні технології для підвищення продуктивності, ефективності та екологічної стійкості виробництва. Перспективним напрямком розвитку є використання безпілотників з метою автоматизації багатьох агротехнічних процесів, таких як моніторинг посівів, внесення мінеральних добрив та засобів захисту рослин. БПЛА забезпечують точні дані, за допомогою яких можна суттєво зменшити витрати на ресурси та підвищити показники урожайності за рахунок більш точного управління процесами.

Однак, для того щоб БПЛА могли повністю реалізувати свій потенціал у сільському господарстві, необхідне створення ефективної інфраструктури для їхнього технічного забезпечення. Особливого значення набуває мобільна база обслуговування БПЛА, яка дозволяє проводити зарядку, технічне обслуговування, зберігання та аналіз даних безпосередньо в польових умовах. Така база повинна бути автономною, мобільною та надійною, щоб забезпечити безперебійну роботу дронів на великих сільськогосподарських угіддях.

Актуальність даного дослідження полягає в потребі розробки ефективних технічних рішень для забезпечення функціонування мобільної бази в агросекторі. Відсутність належної інфраструктури може стати перешкодою для широкого впровадження дронів у сільське господарство, що вимагає всебічного аналізу та обґрунтування технічних аспектів їхньої експлуатації та обслуговування.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та обґрунтування технічного забезпечення мобільної бази для БПЛА сільськогосподарського призначення. У рамках дослідження буде проведено аналіз сучасних технологій і рішень у галузі безпілотної техніки, визначено вимоги до мобільних баз, а також запропоновано оптимальні технічні рішення для забезпечення їхньої ефективної роботи.

Завдання дослідження включають:

- аналіз існуючих систем обслуговування БПЛА у сільському господарстві;
- розробку концепції мобільної бази для технічного забезпечення;
- обґрунтування технічних вимог і характеристик бази;
- оцінку економічної та технічної доцільності впровадження мобільної бази.

Об'єктом дослідження є мобільна база технічного забезпечення для дрону сільськогосподарського призначення.

Предметом дослідження є засоби технічного забезпечення, які необхідні для функціонування мобільної бази БПЛА.

Результати роботи спрямовані на підвищення ефективності використання безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві та створення умов для їхньої автономної експлуатації в польових умовах.

1. Актуальність запропонованої теми, аналіз проблем та постановка задач

1.1 Історія впровадження безпілотних літальних апаратів у сільськогосподарське виробництво

Історія розвитку використання безпілотних літальних апаратів у сільськогосподарському виробництві розпочалася порівняно нещодавно, але цей напрямок набув значного розвитку завдяки швидкому прогресу в галузі технологій. Нижче розглянуто ключові етапи цього процесу.

Перші БПЛА здебільшого використовувалися у військових цілях, однак у 1990-х роках з'явилися перші експерименти з використання дронів у цивільних сферах, зокрема у сільському господарстві. В цей період почали розроблятися перші прототипи агродронів для спостереження за станом посівів, але ці технології були дорогими та складними для масового використання.

У період 2000-2010рр. аграрний сектор починає активно цікавитися новими можливостями технологій дистанційного зондування. Основну увагу приділяли використанню супутникових знімків та авіації для моніторингу полів. З'являються перші експерименти з використання невеликих дронів для точного моніторингу врожайності, вологи та стану ґрунту. Однак через обмежені можливості цих технологій (низька автономність і недостатня точність сенсорів) широке застосування дронів у сільському господарстві було обмеженим[2].

Початок 2010-х років ознаменувався швидким розвитком технологій БПЛА, зокрема їх доступності та функціональності. На ринку з'являються більш доступні моделі дронів, що здатні здійснювати аерофотозйомку полів з високою точністю. В цей період також починають активно впроваджуватися сенсори для аналізу сільськогосподарських угідь: камери для зйомки в інфрачервоному спектрі, мультиспектральні камери для аналізу стану рослин та інші сенсорні системи.

Починаючи з 2015 року використання БПЛА у сільському господарстві стає важливою частиною концепції точного землеробства, що передбачає застосування технологій для максимально точного управління ресурсами та процесами вирощування. БПЛА починають використовуватися не лише для моніторингу, але й для обробки полів. Дрони оснащуються системами для точного внесення пестицидів, гербіцидів та добрив, що дозволяє знизити витрати на хімікати та підвищити ефективність агротехнічних операцій. Водночас активно розвивається програмне забезпечення для обробки даних, що дозволяє аграріям аналізувати інформацію з БПЛА та приймати обґрунтовані рішення, щодо управління врожайми.

У 2020-ті роки дрони стали одним із основних інструментів для сучасного фермера. Завдяки зниженню вартості технологій і покращенню їхніх характеристик (довша автономність, вища точність даних) їх використання стає більш доступним навіть для невеликих фермерських господарств. Сучасні БПЛА інтегруються з іншими цифровими інструментами, такими як системи управління фермою (FMS), що дозволяє повністю автоматизувати процеси збору даних, їх аналізу та прийняття рішень. Удосконалюються технології штучного інтелекту, які дозволяють БПЛА автоматично ідентифікувати хвороби рослин, шкідників або проблеми з ґрунтом, а також оптимізувати процеси догляду за полями[3].

Історія розвитку БПЛА у сільському господарстві показує швидку еволюцію від експериментальних розробок до масового використання технологій точного землеробства. З кожним роком безпілотники стають дедалі більш доступними, багатофункціональними та точними, що відкриває широкі перспективи для їхнього подальшого впровадження у сільськогосподарському виробництві.

1.2 Основні проблеми застосування БПЛА в сільському господарстві

Хоча безпілотники мають великий потенціал для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, їх широке впровадження супроводжується

низкою проблем і викликів. Аналіз цих проблем є важливим для успішної інтеграції дронів у сільськогосподарські процеси та забезпечення стабільного результату від їх використання.

Купівля сучасних дронів із сенсорами та програмним забезпеченням для обробки даних може бути дорогим рішенням, особливо для малих та середніх фермерських господарств. Крім вартості самого дрона, необхідно враховувати витрати на регулярне обслуговування, заміну акумуляторів, оновлення програмного забезпечення та навчання персоналу. Також виникають додаткові витрати на технічну підтримку та ремонт у разі пошкоджень.

Однією з основних технічних проблем БПЛА є обмежений час польоту, який залежить від типу акумуляторів. Для великих сільськогосподарських угідь це означає необхідність частих перерв для зарядки або заміни акумуляторів, що знижує продуктивність. Крім того, тривала робота на великих площах вимагає використання кількох дронів або розробки рішень для автоматизації підзарядки та обслуговування[4].

Використання БПЛА потребує спеціальних знань і вмінь, пов'язаних з управлінням, технічним обслуговуванням, збором і обробкою даних. Це створює потребу в навчанні працівників, що може бути додатковою фінансовою і часовою інвестицією. Недостатній рівень підготовки або помилки в експлуатації дронів можуть призводити до аварій або неточних результатів збору даних. Дрони чутливі до екстремальних температур та до сильного вітру, дощу, туману. Це може впливати на якість знімків, точність роботи сенсорів та стабільність польоту, що обмежує можливості їх використання у певні періоди року або в різних регіонах. Для фермерів це означає обмеження щодо планування операцій, які залежать від погодних умов[9].

Використання БПЛА регулюється низкою національних та міжнародних правил, зокрема стосовно дозволених зон для польотів, висоти, дистанції від населених пунктів та об'єктів інфраструктури. Накладені суворі обмеження на використання дронів, особливо щодо польотів поблизу аеропортів або житлових

зон. Це створює додаткові адміністративні перепони для фермерів, яким необхідно отримувати спеціальні дозволи.

Дрони генерують великі обсяги даних, зокрема зображень, відео та показників з різних сенсорів. Це вимагає не лише високої потужності комп'ютерів для обробки, але й спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу, що може бути дорогим і вимагати додаткових навичок. У малих господарствах може бути важко впровадити системи обробки даних через відсутність відповідних ресурсів або технічних спеціалістів. У деяких випадках точність зібраних дронами даних може бути недостатньою через технічні обмеження сенсорів або умови польоту. Це може призводити до неправильних висновків щодо стану полів, шкідників або потреби у зрошенні. Оператори також можуть стикатися з проблемами надійності зв'язку, особливо у великих сільськогосподарських угіддях або в умовах складного рельєфу, що може ускладнювати виконання завдань[10].

Сільськогосподарські дрони споживають велику кількість енергії, особливо при виконанні складних завдань, таких як обприскування або картографування великих площ. Потреба в частій підзарядці зменшує їх ефективність у польових умовах, що вимагає розробки рішень для покращення енергетичної автономності.

З розвитком ринку та масовим виробництвом БПЛА, вартість таких пристроїв поступово знижується. Крім того, існують різні програми фінансування та субсидії для фермерів, які хочуть впроваджувати технології точного землеробства.

Розробка нових акумуляторів із довшим часом роботи, покращення якості сенсорів і автоматизація процесів обслуговування допоможуть подолати обмеження часу польоту та підвищити надійність дронів.

Впровадження освітніх програм і курсів підвищення кваліфікації для фермерів та технічних спеціалістів допоможе забезпечити грамотне використання технологій БПЛА. Спрощення правил і процедур для використання дронів, створення спеціальних зон для польотів та розробка

міжнародних стандартів для агродронів дозволить пришвидшити їх широке впровадження у сільське господарство[11].

Незважаючи на наявні проблеми, БПЛА мають великий потенціал для трансформації сільського господарства. Технологічний розвиток та покращення інфраструктури для обслуговування дронів сприятимуть розширенню їхнього використання, а належна підготовка персоналу та вдосконалення законодавства допоможуть подолати існуючі перешкоди.

1.3 Перспективні напрямки використання безпілотних літальних апаратів у сільськогосподарському виробництві

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у сільському господарстві відкриває нові можливості для підвищення ефективності агротехнічних операцій, зменшення витрат та поліпшення управління сільськогосподарськими ресурсами. Завдяки широкому спектру функцій, таких як моніторинг полів, обприскування добрив та засобів захисту рослин, а також аналіз стану ґрунтів, БПЛА стали невід'ємною частиною сучасного точного землеробства.

БПЛА оснащені камерами та сенсорами, що дозволяють отримувати високоточні дані про стан рослин, вологість ґрунту, наявність шкідників або хвороб. Отримані дані дають можливість аграріям оперативно реагувати на зміни у вегетативній масі рослин та вживати відповідних заходів.

Завдяки аерофотозйомці та створенню тривимірних карт полів, фермери можуть краще планувати розподіл ресурсів, зокрема води та добрив, а також більш точно оцінювати врожайність окремих ділянок[15].

Внесення дронами пестицидів, гербіцидів та добрив дозволяє знизити витрати на паливо, зменшити споживання хімічних засобів та забезпечити рівномірний розподіл препаратів, що мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище. Дрони можуть бути оснащені датчиками для вимірювання вологості ґрунту та визначення рівня потреби у воді. Це допомагає оптимізувати систему

зрошення, що особливо важливо при зміні клімату та обмеженій кількості водних ресурсів.

БПЛА дозволяють виконувати моніторинг та обробку полів набагато швидше порівняно з традиційними методами. Завдяки точному контролю, фермери можуть зменшити втрати врожаю та підвищити рівень його якості.

На основі даних, зібраних дронами, аграрії можуть створювати довгострокові прогнози врожайності, оптимізувати сівозміну, оцінювати ефективність обраних агротехнічних заходів і приймати стратегічні рішення на основі аналітики. Дрони можуть бути використані для моніторингу або обробки ділянок, які важко або дорого обслуговувати за допомогою традиційної техніки, наприклад, на схилах або у вологих районах. Завдяки точному контролю за внесенням хімікатів та оптимізації агротехнічних операцій, використання дронів допомагає зменшити негативний вплив на екосистему, скоротити викиди шкідливих речовин і знизити ерозію ґрунтів[14].

Висока вартість придбання та обслуговування БПЛА може стати бар'єром для невеликих фермерських господарств. Необхідність навчання операторів та технічного обслуговування дронів вимагає спеціальних знань і кваліфікації персоналу. Нормативно-правові норми регулювання використання БПЛА, особливо в контексті безпеки польотів і конфіденційності даних, також можуть впливати на швидкість впровадження цих технологій.

Перспективи використання БПЛА у сільськогосподарському виробництві є значними. Вони дозволяють підвищити ефективність сільськогосподарських операцій, зменшити витрати та забезпечити більш стале управління природними ресурсами. Хоча існують певні виклики, пов'язані з вартістю та регулюванням, технологічний розвиток та здешевлення обладнання сприятимуть більш широкому впровадженню БПЛА у сільськогосподарське виробництво у майбутньому.

2. Створення та обґрунтування технічного забезпечення мобільної бази БПЛА сільськогосподарського підприємства ТОВ АФ «Агрозахист».

2.1 Основні засади створення ефективної інфраструктури комплексу БПЛА сільськогосподарського призначення.

Для ефективного використання БПЛА в сільськогосподарському виробництві важливо не тільки забезпечити належну експлуатацію дронів, але й створити відповідну інфраструктуру для їх технічного обслуговування, ремонту, управління та аналізу даних. Створення такої інфраструктури має враховувати специфіку аграрного виробництва, потреби фермерів, а також технічні вимоги самих комплексів БПЛА. Нижче описані ключові елементи ефективної інфраструктури для технічного забезпечення сільськогосподарських дронів.

Центральним елементом інфраструктури є база, де БПЛА будуть зберігатися, заряджатися, перевірятися на справність та ремонтуватися. Така база повинна мати кілька ключових зон.

Зона зберігання дронів має бути обладнана безпечними умовами для зберігання дронів і аксесуарів (акумулятори, сенсори, лопаті). Важливо забезпечити захист від впливу погодних факторів, перегріву або вологи, які можуть пошкодити обладнання.

Зона ремонту, в якій повинно бути передбачено все необхідне для швидкого ремонту дронів: інструменти, запчастини, технічна документація та місце для роботи з дрібними компонентами. Майстерня повинна мати високий рівень технічної підтримки для проведення планових оглядів та дрібних ремонтів.

Для швидкого і ефективного використання БПЛА потрібно обладнати базу зарядними станціями для акумуляторів дронів. Це може включати як стаціонарні

зарядні пристрої, так і мобільні рішення для заряджання дронів у польових умовах(генератори).

Важливою частиною інфраструктури є центр для обробки, аналізу та збереження даних, отриманих від дронів. Сучасні агродрони збирають великі обсяги інформації про стан полів, урожайність, вологість ґрунту та інші параметри. Для того, щоб ці дані могли бути використані з максимальною ефективністю, необхідно створити аналітичну платформу. Програмне забезпечення для обробки даних включає спеціалізовані програми, які повинні мати можливість аналізувати дані, зібрані дронами, у вигляді карт полів, теплових мап або тривимірних моделей. Це дозволить аграріям швидко приймати рішення щодо оптимізації використання ресурсів[13].

Централізована система зберігання даних необхідна для довгострокового зберігання та аналізу інформації, що обумовлює необхідність організації серверів або хмарних сховищ, де будуть зберігатися всі зібрані дронами дані. Важливо також передбачити резервне копіювання інформації для забезпечення її збереження.

Також важливою є інтеграція з іншими системами фермерського управління. Аналітичний центр повинен бути інтегрований з існуючими системами управління фермою (FMS), щоб забезпечити автоматизацію прийняття рішень, планування робіт та обслуговування техніки. Для великих сільськогосподарських господарств або підприємств, що розташовані в віддалених районах, необхідно передбачити мобільні технічні підрозділи, які можуть виїжджати для обслуговування та ремонту БПЛА безпосередньо у польових умовах. Такі підрозділи можуть включати мобільні зарядні станції-пересувні зарядні пристрої, що можуть швидко зарядити дрони в польових умовах, що зменшить час простою техніки. Мобільні майстерні- транспортні засоби, обладнані всім необхідним для проведення дрібних ремонтів, заміни деталей та діагностики проблем безпосередньо на місці. Оскільки використання

БПЛА вимагає специфічних навичок, важливо забезпечити належну підготовку та сертифікацію персоналу, який працюватиме з цими технологіями[1].

БПЛА не можуть ефективно працювати ізольовано від інших технологій, які використовуються у точному землеробстві. Інфраструктура технічного забезпечення дронів має бути інтегрована з іншими системами, а саме системами GPS і ГІС (геоінформаційні системи) для точного картографування полів та контролю за переміщенням дронів. Дрони можуть працювати разом з автономними тракторами, комбайнами або обприскувачами для синхронізації завдань, таких як обприскування або аналіз стану посівів.

Окрім технічної інфраструктури, важливо передбачити заходи для забезпечення безпеки польотів БПЛА та відповідність законодавчим вимогам:

- дрони повинні бути оснащені сенсорами, що дозволяють уникати зіткнень з іншими об'єктами, такими як дерева, будівлі або інші літальні апарати;

- забезпечення виконання вимог законодавства щодо реєстрації дронів, отримання ліцензій на польоти та дотримання правил безпеки.

Таким чином створення ефективної інфраструктури для технічного забезпечення комплексу БПЛА сільськогосподарського призначення є важливим кроком на шляху до повної інтеграції дронів у агровиробництво. Вона повинна включати бази для обслуговування, інформаційно-аналітичні центри, мобільні технічні підрозділи, системи навчання та сертифікації персоналу, а також інтеграцію з іншими сучасними технологіями землеробства. Тільки в такому випадку можна досягти максимального ефекту від використання БПЛА.

2.2 Загальний план створення мобільної бази БПЛА при наданні послуг з хімізації агрофірмою ТОВ «Агрозахист».

Починаючи з 1998 року ТОВ АФ «Агрозахист» є дистрибутором та постачальником засобів захисту рослин для багатьох фермерів Сумського регіону. З урахуванням потреб сьогодення у зменшенні собівартості та

збільшенні урожайності сільськогосподарської продукції та з урахування розвитку сучасних технологій землеробства, керівництвом ТОВ АФ «Агрозахист» було прийнято рішення по створенню мобільного комплексу БПЛА для надання послуг з хімізації та підживлення. Проаналізувавши новітні розробки та пропозиції на ринку України вибір пав на дрони китайського виробника XAG , одного з лідерів на ринку виробництва дронів сільськогосподарського призначення.

Для створення мобільної бази було обрано модель XAG P100 Pro, яка має кілька ключових переваг у порівнянні з іншими сільськогосподарськими дронами, що робить його ефективним інструментом для точного землеробства. XAG P100 Pro може виконувати різні завдання, такі як обприскування, сівба, розкидання добрив. Це робить його більш універсальним, ніж багато дронів, які призначені лише для однієї конкретної функції. Можливість швидко змінювати робочі модулі (бак для рідини, сівалка тощо) дозволяє використовувати його для різних типів робіт без зайвих затримок. XAG P100 Pro має великий бак для рідини і здатен покривати значні площі за один політ, що дозволяє зменшити кількість зупинок для дозаправки. Завдяки високій швидкості польоту та широкій зоні покриття обприскування, цей дрон дозволяє швидше обробляти великі площі, порівняно з іншими моделями.

Можливість високоточного позиціонування завдяки функції RTK (Real-Time Kinematic) GPS дозволяє забезпечити максимальну точність обприскування і сівби, що важливо для мінімізації витрат ресурсів. Дана модель використовує технологію штучного інтелекту для автоматизації завдань, що знижує людський фактор і покращує продуктивність. Завдяки вбудованим сенсорам, таким як радари та камери, XAG P100 Pro може ефективно уникати перешкоди і адаптуватися до змін у середовищі.

Загалом, XAG P100 Pro виділяється серед конкурентів своєю універсальністю, високою технологічністю та економічною ефективністю, що робить його оптимальним вибором.



Рисунок 2.1

Від'єднання літальної та робочої платформ, відповідно до потрібної агротехнічної операції, було реалізовано виробником за допомогою досконалих інженерних рішень.(рис 2.1)

Мобільна база для нього включає декілька важливих компонентів, що забезпечать його автономну роботу і ефективне використання в польових умовах.

Для транспортування дрона та його аксесуарів була обладнана платформа, на основі мікроавтобусу та спеціалізованого причепа. Даний комплект був оснащений місцем для безпечного зберігання дрона та його обладнання, були вбудовані механізми для легкого завантаження та розвантаження (рис.2.2).



Рисунок 2.2

Дана модель незважаючи на свої чималі розміри, є доволі компактною за рахунок роздільної конструкції платформи. Дрон може відокремити свою літальну частину від робочої, щоб зменшити вантажопідйомність для полегшення функціонального перемикання, транспортування, обслуговування та ремонту.(рис. 2.3)



Рисунок 2.3

2.3 Система автономного живлення

Мобільна база має систему для швидкої зарядки акумуляторів дрона, яка живиться від бензинового генератора XAG. Система живлення XAG використовує технологію ефективного тепловідведення за допомогою боксів з водою, що значно зменшує час необхідний для повної зарядки акумуляторів. Завдяки цьому XAG P100 Pro може працювати з мінімальними технологічними паузами.

Акумулятор, яким укомплектована дана платформа має наступні переваги:

- охолоджується водою у процесі заряджання;
- більша швидкість тепловідведення у спекотну погоду;
- висока номінальна ємність;
- час до повного заряджання складає близько 10 хвилин;
- система елемента живлення(XSF) обладнання температурним датчиком.(рис.2.4)



Рисунок 2.4

Зарядний пристрій для елементів живлення має номінальну потужність 2,5 кВт, що дає можливість надшвидкого заряджання в польових умовах.

Для заряду батарей база обладнана генератором змінної частоти з економним споживанням палива на рівні 0,6 л/кВт*год . З його допомогою на повному баку, об'ємом 15 літрів, можна здійснювати заряджання до 25 акумуляторів(рис. 2.5)



Рисунок 2.5

2.4 Система керування дроном

Інтелектуальна система керування дроном XAG P100 Pro включає в себе набір технологій для автономного керування, планування маршруту, аналізу даних і моніторингу в реальному часі. Дрон здатен автоматично виконувати польоти, слідуючи заздалегідь запланованим маршрутом. Це дозволяє оператору запускати його з мінімальним втручанням.

XAG P100 Pro використовує GPS для забезпечення високої точності польоту. Оператор може контролювати дрон за допомогою спеціалізованого ПЗ і в разі потреби втручатися в процес польоту. Це включає як дистанційне керування, так і перегляд живого відеопотоку з камери дрона. Завдяки потужним обчислювальним ресурсам, дрон здатен обробляти дані на місці, що знижує необхідність в передачі великих обсягів даних на землю.

Система оснащена процесором 1 ГГц та алгоритмами штучного інтелекту, що дозволяють розпізнавати об'єкти, визначати межі ділянок, обчислювати площі та багато іншого(рис.2.6) Розширені функції безпеки включають автоматичне повернення на базу при низькому заряді батареї або втраті зв'язку, обхід перешкод і безпечне приземлення.



Рисунок 2.6

База має систему для управління дроном, яка включає пульт дистанційного керування з інтернет-з'єднанням для завантаження даних(рис. 2.7.). Можна додатково встановити мобільну станцію з екраном та необхідним обладнанням з метою моніторингу польотів.



Рисунок 2.7

Пульт дистанційного керування розроблений спеціально для польових робіт. Пульт має захист від вологи та пилу. Норма внесення може автоматично бути адаптована до швидкості, а для зміни траєкторії польоту достатньо одного натискання. За допомогою пульта можна брати під контроль дрон, який літає автономно, зависати, повертатися та уникати потенційних ризиків під час польоту.

Дану модель було додатково укомплектовано системою керування дроном в умовах відсутності доступу до інтернету. У режимі мережі використовується портативний джойстик або пульт дистанційного керування для підключення до локальної мережі Wi-Fi. Обраний режим здійснює віртуальну підтримку RTK та базової станції. З його допомогою можна здійснювати планування маршруту польоту, а також переглядати звіти польотів(рис.2.8)



Рисунок 2.8

2.5 Платформа для здійснення хімізації та розподілу добрив.

Платформа передбачає окремий змінний резервуар для розчинів (добрив, засобів захисту рослин), яку дрон використовує для обприскування. Дрон XAG P100 Pro оснащений спеціальним резервуаром для обприскування, який розроблений для ефективного і рівномірного розподілу рідини на полях. Резервуар має місткість 50 літрів, що дозволяє покривати великі площі за один політ, зменшуючи кількість необхідних заправок. Він виготовлений з міцного, хімічно стійкого матеріалу, який витримує агресивні рідини, такі як гербіциди, пестициди, добрива. Конструкція резервуара дозволяє легко його знімати і встановлювати. Система розпилення обладнана насадками для дрібнодисперсного розпилення, що забезпечують рівномірне покриття культур. Насадки регулюються для оптимального контролю над кількістю внесених речовин. Перистальтичний насос має широкий діапазон швидкостей. Інтелектуальне керування подачею регулює швидкість подачі рідини в залежності від швидкості польоту, висоти та типу завдання, що підвищує точність обприскування і мінімізує втрати рідини. Завдяки безконтактному датчику, який відстежує кількість рідини в резервуарі в режимі реального часу, оператор може контролювати залишок розчину та планувати заправки.

Легке обслуговування резервуару і розпилювальних форсунок, знижує ризик забруднення залишками попередньо використаних рідин при зміні розчину. Цей резервуар робить XAG P100 Pro ефективним рішенням для сільськогосподарських робіт, значно прискорюючи обприскування великих площ та підвищуючи точність і ефективність роботи.

Максимальна продуктивність дрону по хімізації (28 га/год) досягається за рахунок збільшення довжини гону оброблюваної ділянки та відсутності перешкод. Оптимальний розмір краплі становить 130-150 мкм.(рис.2.9). Налаштування дозволяють обирати краплі в діапазоні від 60 до 400 мкм.



Рисунок 2.9

Дрон також додатково обладнаний системою розподілу добрив та насіння. Ємність контейнера - 80 л. Налаштування ширини захвату становить 3-7 м.(рис.2.9)



Рисунок 2.10

Спиральний шнековий дозатор дрона XAG P100 Pro є спеціальною системою для точного дозування та розподілу гранульованих добрив, насіння і інших сипучих матеріалів(рис.2.10). Шнекова система з внутрішнім спіральним механізмом забезпечує рівномірний і безперервний потік гранул, що важливо для точного розподілу матеріалу. Завдяки інтелектуальній системі керування, дрон може точно налаштовувати кількість внесеного матеріалу, що дозволяє уникати перевитрат та досягати рівномірного покриття. Система дозатора автоматично регулює швидкість подачі залежно від швидкості польоту і параметрів місцевості, щоб досягти оптимальної щільності внесення.

Спіральний шнек розроблений таким чином, щоб зменшити ризик злипання гранул і закупорки. Це особливо важливо для матеріалів, які схильні до злежування або мають нерівномірний розмір. Шнековий дозатор може працювати з різними видами гранульованих добрив, насіння, засобами для боротьби зі шкідниками та іншими сипучими речовинами, що робить його універсальним для аграрних завдань.

Конструкція дозатора дозволяє швидко очищувати систему, зменшуючи час простою і полегшуючи обслуговування. Завдяки двосторонньому розподілюючому отвору забезпечується подача добрив чи насіння з обох сторін, що дозволяє досягти продуктивності в 1000 кг/год.



Рисунок 2.11

Розмір гранул, які можуть бути сумісні складає 1-6 мм.(рис 2.11). Контейнер було обладнано безконтактним датчиком об'єму для контролю рівня залишків гранул та запобігання холостому ходу.

2.6 Система навігації та розпізнавання перешкод

Система навігації та розпізнавання перешкод дрона XAG P100 Pro забезпечує високий рівень безпеки та точності під час польотів у різних умовах. Основні компоненти та можливості цієї системи:

1. Дрон обладнаний високоточними модулями GPS та RTK (Real-Time Kinematic) для точного позиціонування з похибкою до кількох

сантиметрів. Це важливо для точного виконання завдань у сільському господарстві та при аерозйомці(рис.2.12)

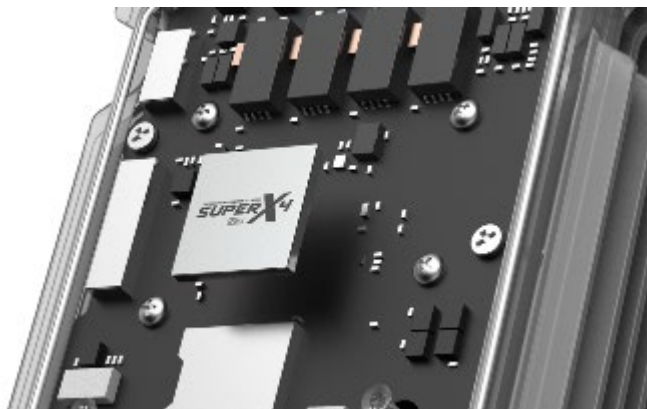


Рисунок 2.12.

2. Система розпізнавання перешкод у всіх напрямках – дрон оснащений сенсорами, які забезпечують розпізнавання перешкод у горизонтальному і вертикальному напрямках. Завдяки цьому XAG P100 Pro здатен автоматично обходити об'єкти або зупинятися, що підвищує безпеку польоту.

3. Лідар – лазерний сканер, що дозволяє створювати тривимірну карту місцевості, ідентифікуючи рельєф і об'єкти на шляху. Це дозволяє дрону працювати навіть у складних умовах з перешкодами, такими як дерева, будівлі, електролінії тощо(рис. 2.13).



Рисунок 2.13

4. Камери з комп'ютерним зором – дрон має кілька камер з алгоритмами штучного інтелекту для виявлення і розпізнавання об'єктів. Камери працюють разом з іншими сенсорами, аналізуючи оточення в режимі реального часу (рис.2.14).

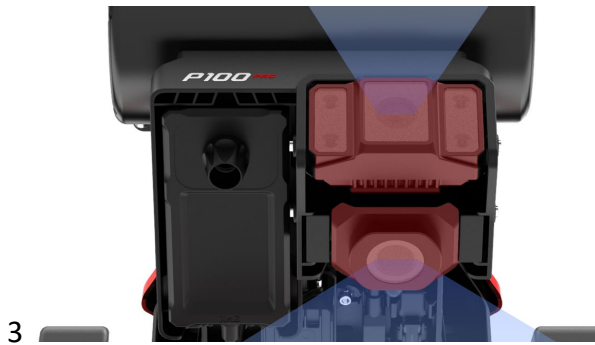


Рисунок 2.14

Дуже важливим моментом для дрона є система розпізнавання перешкод для уникнення аварій. Даний дрон обладнаний радаром с 4 D візуалізацією. З його допомогою він адаптується до рельєфу та підтримує автоматичне відстеження на відстані до 100 метрів та завжди підтримується задана висоту польоту над поверхнею поля.

2.7 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення для дрона XAG P100 Pro є важливим компонентом, який забезпечує інтуїтивне управління, планування польотів і збір даних для різних завдань. Інтерфейс XAG Agriculture – основне програмне забезпечення, розроблене спеціально для сільськогосподарських операцій, дозволяє операторам налаштовувати параметри польоту, планувати маршрути для обприскування, розподілу добрив або посіву.

Інтелектуальне планування польотів – програма дозволяє створювати детальні маршрути з урахуванням типу місцевості, конфігурації поля та визначених зон обробки. Користувач може налаштувати висоту, швидкість, щільність розпилення і параметри для ефективного покриття території.

Збір та аналіз даних – ПЗ дозволяє оператору збирати дані з дрона під час польоту: від зображень і відео до індексів вегетації та інших аналітичних показників. Ці дані можуть бути використані для моніторингу стану культур, оцінки ефективності внесення добрив тощо.

Інтеграція з хмарними сервісами XAG – зібрані дані можна автоматично завантажувати на хмару, де вони обробляються і зберігаються. Це забезпечує доступ до інформації з будь-якого пристрою, а також дозволяє співпрацювати з іншими користувачами або консультантами.

Дистанційне управління і моніторинг – завдяки програмному забезпеченню оператор може керувати дроном дистанційно та в реальному часі контролювати його місцезнаходження, швидкість, рівень заряду батареї і статус виконання завдання.

Оновлення і налаштування ПЗ – дозволяє швидко отримувати оновлення системи, які додають нові функції та поліпшують стабільність роботи. Через інтерфейс також можна налаштовувати параметри роботи дрона і його компонентів.

Режим симуляції – для навчання та перевірки планування польотів перед реальними операціями ПЗ XAG має функцію симуляції, що дозволяє оператору моделювати польоти в безпечному середовищі.

Інтеграція з додатковими сенсорами – ПЗ підтримує роботу з додатковими сенсорами (наприклад, мультимодальними камерами або лідарами), що дозволяє гнучко налаштовувати дрон для різних типів завдань.

Програмне забезпечення XAG P100 Pro забезпечує зручний інтерфейс і можливість для виконання комплексних завдань у сільському господарстві, знижуючи людський фактор та підвищуючи точність і продуктивність робіт.

Також компанією XAG був розроблений спеціалізований додаток, який відкриває безліч додаткових можливостей при роботі з дроном(рис.2.15). В опціях застосунку створюються оптимальні маршрути на основі шаблону ділянок полів, є можливість налаштування автоматичного повернення дрону, коли акумулятор розряджається або закінчуються робочий розчин чи гранули добрив. Також можна запрограмувати точки зупинки та гнучке оминання перешкод на високих швидкостях. Також є доступним налаштування режиму «рою», тобто

допускається одночасна робота в автономному режимі двох дронів, з опцією віртуального позиціонування.

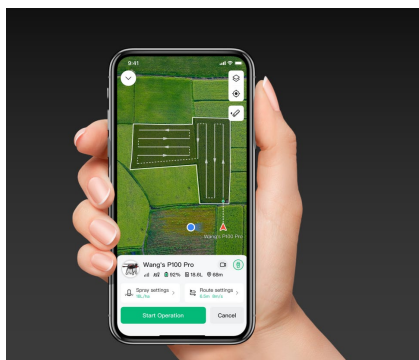


Рисунок 2.15

2.8 Насосно-змішувальний вузол

Насосно-змішувальний вузол для БПЛА, таких як XAG P100 Pro, є важливою складовою системи обприскування, що відповідає за підготовку та подачу робочого розчину.

Насос високого тиску забезпечує стабільну подачу рідини під високим тиском для ефективного і рівномірного розпилення. Це дозволяє досягти оптимального покриття культур при мінімальному використанні розчину. Змішувальний бак включає резервуар, в якому розчин ретельно перемішується перед обприскуванням. Це особливо важливо для препаратів, які вимагають точного дозування і рівномірного змішування з водою або іншими речовинами.

Завдяки інтелектуальному контролю, вузол здатний автоматично додавати необхідну кількість кожного компонента для підтримки постійної концентрації робочого розчину, що підвищує точність і ефективність обробки.

Вузол обладнаний фільтрами, які запобігають потраплянню великих часток і домішок у систему розпилення. Це знижує ризик засмічення розпилювальних насадок і підвищує надійність роботи.

Насос, пістолет, розходомір призначені для роботи з хімічно активними речовинами. Всі з'єднання перехідники та крани виготовлені з хімістійкого пластику. Бак має об'єм 200 л(рис.2.16)



Рисунок 2.16

2.9 Портативна мийочна станція та набір інструментів для обслуговування та ремонту

З метою технологічної мийки обладнання на мобільній базі була передбачена наявність мийки безконтактного типу. Виключно компактна мийка низького тиску фірми Karcher з інтегрованим акумулятором і 7-літровим баком для води. Зручна у транспортуванні і зберіганні та автомобільним адаптером в комплекті(рис.2.17)



Рисунок 2.17

Для ремонту і обслуговування дрону база обладнана комплектом інструменту із 270 предметів, який містить пристрої, що дозволяють робити заміну пошкоджених деталей, налаштовувати компоненти, чистити та обслуговувати електроніку.

Кожен інструмент, що входить до комплекту для ремонту дронів, має свою функцію. Маленькі розміри пристроїв адаптовані для виконання робіт з ремонту компактних і точних деталей дрону, з мінімізацією негативних наслідків. Матеріали виробів зносостійкі, інертні до іржавіння. А щоб не загубилися, сумочка з ними застібається на замок-блискавку. Кожна річ у тканинному чохла має окремий осередок з маркуванням, що дозволяє швидко знайти потрібний елемент.

За необхідності проведення відповідних агротехнічних заходів, база може бути доукомплектована додатковими елементами живлення, обладнанням для аналізу врожайності, моніторингу росту рослин, вологості ґрунту та автоматичного оновлення карт полів. З урахування вимог по охорони праці комплекс обладнаний необхідними засобами захисту при роботі з агрохімікатами та електрообладнанням.

3. Охорона праці при роботі з БПЛА в сільському господарстві

3.1 Основні нормативно-правові документи, які визначають вимоги до безпеки під час використання дронів.

Охорона праці при роботі з дронами включає дотримання ряду правил і заходів, які допомагають забезпечити безпеку для оператора, оточуючих та довкілля. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є потужним інструментом для виконання аграрних завдань, але робота з ними має певні ризики, які необхідно враховувати.

Охорона праці при роботі з безпілотними літальними апаратами (БПЛА) в агросекторі регулюється низкою нормативно-правових актів, які визначають вимоги до безпеки під час використання дронів. Давайте розглянемо основні з них.

1. Закон України "Про охорону праці". Цей закон визначає основні права працівників на безпечні умови праці, обов'язки роботодавців щодо забезпечення таких умов і порядок проведення інструктажів та навчань. Закон також зобов'язує роботодавців проводити атестацію робочих місць та надавати працівникам засоби індивідуального захисту[7].

2. Закон України "Про використання повітряного простору". Цей закон регулює використання повітряного простору України, включаючи діяльність з використанням БПЛА. Він визначає вимоги щодо безпеки польотів, зокрема у випадку використання дронів в комерційних цілях. Також закон містить норми щодо реєстрації БПЛА та необхідності отримання дозволів на польоти в певних зонах[8].

3. Правила про використання повітряного простору України (Постанова Кабінету Міністрів України №954 від 6 грудня 2017 р.) Ці правила містять вимоги до експлуатації безпілотників, включаючи порядок отримання дозволів на використання повітряного простору та заходи безпеки під час польотів. Вони регулюють польоти в різних зонах, обмеження по висоті та вимоги до польотів в контрольованих повітряних зонах[6].

4. Наказ "Про затвердження Правил безпеки польотів" від Державної авіаційної служби України. Цей наказ регулює безпеку польотів безпілотників, включаючи вимоги до технічного стану дронів, кваліфікації операторів та заходів для запобігання аварійним ситуаціям. У документі також визначені обов'язки операторів щодо безпечного виконання польотів, особливо при роботі в аграрному секторі.

5. Наказ "Про заходи з охорони праці в агропромисловому комплексі" від Міністерства аграрної політики України. Цей документ встановлює специфічні вимоги до охорони праці в агропромисловому комплексі, включаючи сільське господарство. Він передбачає заходи для захисту працівників при роботі з сільськогосподарською технікою та обладнанням, у тому числі з дронами. Включає норми з безпечного використання хімічних речовин при обробці полів за допомогою БПЛА.

6. Державні санітарні правила і норми (ДСанПіН) Вони визначають гігієнічні вимоги та заходи з охорони здоров'я працівників, які працюють з хімічними речовинами, наприклад, пестицидами та добривами, що можуть використовуватись за допомогою дронів в сільському господарстві. Забезпечують належний рівень захисту здоров'я при роботі з агрохімікатами, вимагаючи використання засобів індивідуального захисту.

7. Постанова "Про затвердження Положення про державний нагляд (контроль) у сфері охорони праці" від Кабінету Міністрів України. Цей документ регулює діяльність з нагляду і контролю за дотриманням правил охорони праці на підприємствах, що використовують БПЛА в сільському господарстві. Він визначає порядок проведення перевірок і заходи відповідальності за порушення норм безпеки.

8. Норми з охорони праці під час застосування пестицидів і агрохімікатів. Ці норми регламентують безпечне використання хімічних речовин у сільському господарстві, особливо при використанні БПЛА для розпилення пестицидів. Включають вимоги до операторів дронів щодо використання засобів індивідуального захисту та дотримання норм гігієни.

9. Інструкція з охорони праці для операторів БПЛА. Вона озробляється на рівні підприємства і затверджується відповідно до внутрішніх нормативних документів. Інструкція визначає специфічні вимоги для операторів дронів, включаючи процедури передпольотної підготовки, технічного обслуговування, роботи з хімічними речовинами та правила безпеки на місцевості.

Правова база охорони праці при роботі з БПЛА в сільському господарстві охоплює загальні закони про охорону праці, нормативно-правові акти про використання повітряного простору, вимоги до роботи з хімікатами та санітарні норми. Оператори повинні дотримуватися цих вимог для забезпечення безпечної роботи та уникнення правових наслідків.

3.2. Перелік основних заходів та способи їх дотримання.

Перш ніж розпочати роботу з дронами в сільському господарстві, слід отримати всі необхідні дозволи, що регулюють польоти БПЛА. Оператори повинні вести журнал польотів, де фіксуються всі польоти, їх тривалість, технічний стан дронів і виявлені проблеми. Це допоможе забезпечити регулярний контроль і безпеку[10].

На етапі підготовки операторів обов'язковою є сертифікація. Всі оператори дронів повинні мати відповідні дозволи та сертифікацію на управління БПЛА, згідно з вимогами законодавства. Важливо, щоб вони мали належні знання щодо керування дроном, аналізу даних та технічного обслуговування.

Персонал повинен проходити регулярні інструктажі з охорони праці, які включають безпечну роботу з дронами, правила використання хімікатів (якщо такі застосовуються), і поведінку в аварійних ситуаціях. Оператор зобов'язаний перевіряти технічний стан дрона перед кожним польотом, включаючи справність акумулятора, сенсорів, камери та пропелерів. Дрони повинні проходити регулярне технічне обслуговування згідно з інструкціями виробника для уникнення поломок і аварій.

Під час запуску і обслуговування дронів оператори повинні використовувати захисні окуляри, рукавички, а також інші необхідні засоби захисту (особливо якщо дрон використовується для розпилення хімікатів). Оператори повинні бути вдягнені в спеціальний одяг, який захищає від можливих травм під час роботи з дронами. В разі роботи з хімікатами потрібні костюми, що захищають від контакту з речовинами.

Перед польотом слід чітко визначити зону, в якій буде здійснюватися політ дрона. У цій зоні не повинно бути людей, тварин або небезпечних об'єктів, таких як лінії електропередач, щоб уникнути зіткнень або аварій.

Заборонено проводити польоти над місцями скупчення людей, такими як фермерські будівлі або польові роботи, щоб зменшити ризик травмування.

Дрони повинні літати тільки в сприятливих погодних умовах. Польоти в дощ, при сильному вітрі, тумані чи під час грози можуть призвести до втрати контролю над апаратом та аварій. Під час польоту оператор повинен постійно підтримувати візуальний контакт з дроном. Це допоможе швидко реагувати на зміни в умовах польоту або появу перешкод.

Зарядку акумуляторів слід проводити лише в добре вентильованих приміщеннях або на відкритому просторі, щоб уникнути перегріву або пожежі.

Не можна використовувати пошкоджені акумулятори. Якщо для зарядки обладнання використовується генератор, необхідно дотримуватися правил його безпечної експлуатації, включаючи заземлення і належне розташування подалі від легкозаймистих матеріалів.

Якщо дрон використовується для розпилення хімікатів, необхідно забезпечити оператора відповідними засобами захисту (маска, респіратор, захисний костюм). Також потрібно враховувати вимоги до зберігання хімікатів і уникати їх надмірної концентрації. Пестициди або добрива повинні використовуватися лише відповідно до інструкцій та у встановлених дозах для запобігання шкоди для здоров'я оператора та навколишнього середовища.

Тривалі періоди керування дроном можуть викликати втому, що збільшує ризик аварій. Для запобігання цьому слід впровадити графік чергування

операторів. Вони повинні регулярно проходити медичні огляди для перевірки стану здоров'я і можливості безпечної роботи з дронами.

На кожному робочому місці повинна бути доступна аптечка першої допомоги з усіма необхідними матеріалами для надання допомоги в разі нещасного випадку.

У місцях зарядки дронів і зберігання акумуляторів повинні бути доступні вогнегасники. Також оператори мають бути поінформовані про план дій у разі виникнення аварії або надзвичайної ситуації.

Дотримання цих правил охорони праці дозволить мінімізувати ризики при роботі з дронами в агросекторі та забезпечити безпеку операторів і оточуючих.

4. Економічне обґрунтування використання дрону у порівнянні з традиційною наземною технікою.

4.1. Доцільність застосування.

Доцільність використання БПЛА для обробки сільськогосподарських угідь порівняно з наземною технікою базується на кількох ключових аспектах: витратах на експлуатацію, ефективності використання ресурсів, швидкості виконання робіт, точності обробки та екологічній безпеці.

Одним з основних факторів економічного обґрунтування є початкові інвестиції та витрати на обслуговування. Наземна техніка (трактори, обприскувачі) потребує значних початкових вкладень на придбання, а також на регламентне технічне обслуговування, паливо, запасні частини. Вартість одного трактора або спеціалізованої техніки може становити від кількох десятків до сотень тисяч доларів. Дрони мають менші початкові інвестиції. Дрони споживають менше енергії (електрика або акумулятори), і витрати на технічне обслуговування є нижчими через меншу кількість механічних компонентів, що потребують регулярного догляду.

При використанні традиційної техніки витрачається більше пального і вона є менш маневреною, особливо на великих або нерівних ділянках. Крім того, під час руху наземної техніки виникає ущільнення ґрунту, що може негативно впливати на врожайність. Дрони є більш ощадливими у використанні ресурсів. Вони можуть працювати без потреби в пальному, що зменшує експлуатаційні витрати. Також дрони можуть працювати на складних рельєфах, де наземна техніка може бути менш ефективною або недоступною.

Наземна техніка потребує більше часу для обробки великих ділянок, особливо якщо йдеться про рельєфні або важкодоступні місця. Швидкість виконання робіт обмежена продуктивністю двигуна та фізичними можливостями оператора.

Дрони можуть швидко обробляти великі площі, що дозволяє суттєво скоротити час виконання завдань. Їхня здатність працювати на великих швидкостях і використовувати оптимальні маршрути підвищує продуктивність. Дрони також можуть працювати вночі або за умов обмеженої видимості, що збільшує загальну ефективність.

Наземна техніка має обмеження у точності розподілу матеріалів, особливо на великих полях, що може призводити до перевитрати добрив або пестицидів. Це також може спричиняти нерівномірний розподіл хімікатів, що впливає на якість обробки.

Дрони забезпечують високоточне внесення засобів захисту рослин і добрив. Завдяки точній навігації та можливості працювати на різних висотах, вони здатні мінімізувати перевитрату матеріалів і покращити рівномірність обробки. Це знижує витрати на хімічні засоби і підвищує врожайність.

Наземна техніка викидає в атмосферу більше шкідливих речовин через використання дизельних двигунів. Також ущільнення ґрунту важкою технікою знижує його родючість, що може спричиняти додаткові екологічні проблеми.

Дрони є більш екологічними, оскільки використовують електроенергію або акумулятори і не викидають шкідливих газів. Вони також не впливають на структуру ґрунту, оскільки не стикаються з його поверхнею.

Наземна техніка може мати довший період окупності через високі витрати на обслуговування і паливо. Витрати на робочу силу також значні, оскільки потрібні оператори для кожної одиниці техніки.

Дрони швидше окупаються завдяки низьким експлуатаційним витратам, меншій потребі в робочій силі (один оператор може контролювати кілька дронів) і скороченню витрат на хімічні засоби та паливо.

Використання дронів має значні економічні переваги перед наземною технікою, особливо на великих полях та в умовах складного рельєфу. Основними перевагами є менші витрати на експлуатацію, вища точність обробки та зниження екологічних ризиків. Хоча початкові витрати на придбання можуть

бути високими, але їх окупність є швидшою через ефективніше використання ресурсів та зниження поточних витрат.

4.2. Порівняльний аналіз витрат

Агродрон ХАG Р100pro – це багатофункціональний дрон, призначений для високоточного внесення пестицидів та добрив. Завдяки технології RTK та спеціалізованим датчикам дрон забезпечує високу точність нанесення препаратів. Завдяки цьому досягається зменшення витрат на агрохімікати на 30%. Технологія ультрамалооб'ємного внесення зменшує витрати води для приготування робочих розчинів та позитивно впливає на екосистему(рис.4.1)



Рисунок 4.1

Розмір краплі при цьому дозволяє забезпечити гарне проникання препарату в продиhi навіть дуже густих посівів.

Висока продуктивність дозволяє обробити до 28 гектарів на годину, що робить його дуже ефективним на великих площах. Оскільки дрон не контактує з поверхнею поля, це знижує ризик пошкодження рослин та ущільнення ґрунту. Технологічні колії при використанні оприскувачів складають від 2 до 5% від посівних площ. При використанні дрону технологічні колії відсутні. Порівняймо основні параметри витрат при використанні традиційних методів та дронів(таб.1)

Таблиця 1. Порівняльний аналіз параметрів витрат

Параметр	Традиційні методи	Дрони
Витрати на паливо	Високі	Низькі(витрати на генератор)
Витрати на технічне обслуговування	Середні	Низькі
Витрати на агрохімікати	Високі	Знижені на 30% у порівнянні
Витрати на воду	Високі	Низькі
Витрати на оплату праці	Високі(потрібно більше працівників)	Низькі
Екологічний аспект	Створюють надлишок пестицидів в ґрунті	Мінімізують надлишок
Продуктивність(га/год)	5-8	До 28
Точність внесення	Низька	Висока

Таким чином, можна стверджувати, що завдяки дронам можна значно ефективніше використовувати ресурси та значно покращити стан екосистеми.

4.3. Математичний аналіз економічної доцільності використання агродрону XAG P100pro

Щоб чітко оцінити економічні вигоди від використання дронів, зокрема обраної моделі для дослідження, порівнюємо основні показники витрат та ефективності між традиційними методами обробки полів (трактори та наземні обприскувачі) і агродроном. Для аналізу візьмемо умовну площу поля у 1000 гектарів, що потребує обробки.

Таким чином використання агродрона XAG P100 pro дозволяє суттєво знизити витрати. Економія на витратах пального складає 26000, 00 грн., на воді 48 000, 00 грн. Втрати врожаю, на прикладі такої культури як соняшник, в гривневому еквіваленті сягають 900 000,00 грн, за рахунок рівня вигоптування (додаток А).65 000,00 грн можна заощадити лише при обробці агрохімікатами, в розрізі окремих культур (додаток Б).

Економія на агрохімікатах складає 30%, за рахунок ультрамалооб'ємного внесення. Час обробки поля знижується майже втричі, що дозволяє швидше реагувати на оперативні потреби та підвищувати ефективність.

Підводячи підсумки можемо констатувати що мобільна база побудована з використанням обраної моделі є вигідною інвестицією для оптимізації і підвищення основних показників рентабельності при наданні послуг з хімізації.

5. Основні рекомендації по застосуванню в польових умовах.

5.1. Оптимальні параметри налаштування по висоті польоту

З метою досягнення оптимальних показників продуктивності даної моделі рекомендуємо користуватись наступними параметрами висоти та ширини обробки.(рис.5.1)

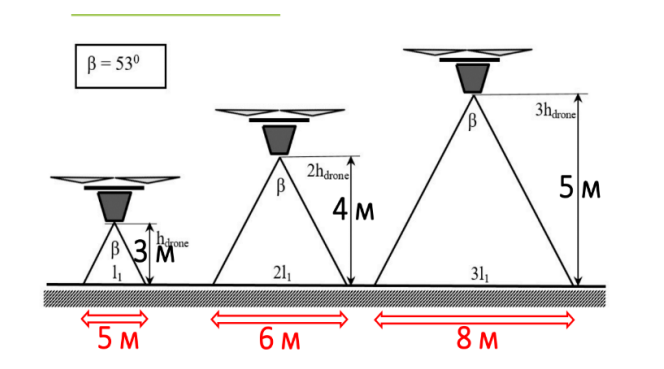


Рисунок 5.1

Меншу висоту та меншу ширину рекомендуємо використовувати при щільній культурі (ріпак), проблемна ділянка нижній ярус рослини / препарат має контактну дію.

Середню висоту та ширину рекомендуємо використовувати при помірній щільності культурі (соя), проблемна ділянка нижній та/або середній ярус рослини та препарат має контактну/системну/системно-контактну дію.

Більшу висоту рекомендуємо використовувати при помірній щільності рослини (кукурудза, соняшник), якщо треба обробити верхній та середній яруси культури та препарати мають контактну/системну/системно-контактну дію.

Рекомендації по розміру краплі:

1.Рекомендований діапазон виставлення розміру краплі при роботі агродроном 130-150 мкм.

2. Використовування краплі розміром 130 мкм рекомендується при підвищеній вологості (після дощу).

3. Використовування краплі розміром 150 мкм рекомендується при жаркій та сухій погоді.

5.2. Вплив погодних чинників

1. Виконання робіт в туман не рекомендується (обробка не буде ефективною)

2. Робота при поривах вітру понад 5м/с не рекомендується.

3. Робота при вологості повітря понад 80% не рекомендується.

4. Робота при температурі повітря понад 25 градусі по Цельсію не рекомендується.

5. Обробка в дощ заборонена

5.3 Рекомендації по роботі з десикантом та гербіцидами:

1. Частий моніторинг напряму та швидкості вітру (рекомендуємо працювати до 3м/с).

2. При вирощуванні поряд культур, які можуть постраждати від гербіциду/десиканту, рекомендуємо залишати буферну зону до 15м.

3. Буферну зону обробляти з меншою швидкістю, меншою висотою, меншою шириною захвату.

Висновки

XAG P100 Pro — це сучасний безпілотний літальний апарат, розроблений для використання в сільськогосподарському господарстві для внесення добрив та пестицидів. Завдяки його універсальності, пристрій може працювати в різних умовах та забезпечувати точність операцій, що дозволяє мінімізувати витрати ресурсів та підвищувати продуктивність. Дрон має модульну конструкцію, яка дозволяє легко замінювати окремі частини, що спрощує технічне обслуговування та ремонт. Це забезпечує довговічність і знижує витрати на експлуатацію. Він використовує GPS та технологію RTK (Real-Time Kinematic) для високоточних польотів. З його допомогою можна проводити обприскування з точністю до кількох сантиметрів, мінімізуючи перевитрати хімічних засобів, забезпечуючи рівномірне внесення.

Мобільна база для XAG P100 Pro є добре інтегрованою з системами транспортування, що дозволяє легко переміщувати її між різними ділянками.

Оскільки елементи живлення потребують регулярного заряджання, база обладнана ефективною системою заряджання акумуляторів з використанням генератору та декількох комплектів елементів живлення, що забезпечує мінімальні технологічні паузи. Для ефективного управління та контролю обладнана високотехнологічними каналами передачі даних, що забезпечує стабільний зв'язок для коригування завдань та отримання інформації з датчиків.

Мобільна база оснащена інструментами для оперативного ремонту, системами діагностики, а також резервними частинами для швидкої заміни пошкоджених елементів. Також в ній інтегровані програмні рішення для планування маршрутів, оптимізації польотів та автоматизації процесів збору даних. Використання мобільної бази для обслуговування дрону XAG P100 Pro значно зменшує витрати та підвищує ефективність аграрних операцій, скорочуючи час на їх планування та виконання.

Список використаних джерел

1. www.xagukraine.com
2. Асоціація дронів України: Інформація про новітні технології в агросекторі (сайт асоціації).
3. Бойко В.С., Шаповал В.О. "Використання безпілотних авіаційних комплексів у сільському господарстві". Журнал "Агроінженерія", 2021.
4. В'ячеслав Литвиненко, "Сільськогосподарські дрони: теорія і практика застосування", 2020.
5. Гнатюк О.О. "Технічне забезпечення агровиробництва". Харків: ХНАУ, 2021.
6. Закон України "Про безпілотні авіаційні системи".
7. Закон України "Про охорону праці".
8. Закон України "Про використання повітряного простору".
9. Іванченко С.М., Орлов А.В. "Інноваційні технології в агровиробництві: використання дронів". Журнал "Наукові праці аграрних університетів", 2020.
10. Ковальчук М.І. "Основи експлуатації дронів у сільському господарстві". Львів: УкрАгроТех, 2019.
11. Нікітюк О. В., "Застосування безпілотних літальних апаратів у моніторингу сільськогосподарських угідь", 2021.
12. Національний стандарт України: ДСТУ ISO 21384-3:2021 "Авіаційні безпілотні системи. Частина 3: Операційні процедури".
13. Пономаренко С. І., "Оптимізація процесів обприскування за допомогою дронів у точному землеробстві", 2019.
14. Пирогов С.В. "Авіаційні технології в сільському господарстві". Київ: Агропромвидав, 2020.
15. Стеценко І.В., Гречка О.П. "Моделювання мобільних систем обслуговування БПЛА для аграрного сектору". Вісник технічних наук, 2022.

