

ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЛЕЙ ПЕСТИЦИДАМИ

Н. А. Логинов, Н. В. Трофимов

Реферат. В статье анализируются преимущества использования беспилотных авиационных систем (БАС) для обработки сельскохозяйственных угодий химическими средствами защиты растений. Современный рынок специальной техники предлагает различные решения, среди которых выделяется ультрамалообъемное опрыскивание. Оно способствует более эффективному действию препаратов благодаря завихрениям, создаваемыми винтами коптеров, и малому размеру капель, обеспечивающим полное покрытие поверхности растений. Классические опрыскиватели не могут обработать нижние части листьев, тогда как дроны, работая на низкой высоте, создают завихрения при помощи дисковых распылителей, что позволяет полностью обрабатывать растения. Современные модели дронов способны работать в труднодоступных областях и являются более экономичными по сравнению с традиционными методами. Они могут быть оснащены различными типами распылителей, адаптируясь к разным условиям и требованиям. Например, для обработки больших площадей используются дисковые распылители, а для точечной обработки — конусные или щелевые. Использование БАС также имеет экологические преимущества: сокращение расхода химических препаратов за счёт более точного применения и минимизация воздействия на окружающую среду благодаря отказу от использования тяжёлой техники и уменьшению потребности в рабочей силе. Кроме того, применение БАС позволяет сельхозпроизводителям оперативно реагировать на изменения и корректировать процесс обработки, что повышает общую эффективность сельскохозяйственного производства. Расчёты на основе затрат на выполнение работ и эффективности эксплуатации показывают, что при выборе машин для обработки полей сельхозпроизводителям следует учитывать целесообразность покупки сложного и дорогого оборудования для небольших площадей, так как техника будет больше времени простаивать. Самоходные опрыскиватели эффективны при обработке больших площадей, но становятся неудобными для небольших хозяйств. Таким образом, использование беспилотных авиационных систем представляет собой перспективное направление, способное значительно повысить эффективность и экологичность сельскохозяйственных процессов.

Ключевые слова: обработка, агродрон, самоходный опрыскиватель, пестициды, культуры, авиация, распылители.

Для цитирования: Логинов Н.А., Трофимов Н.В. Преимущество применения беспилотных летательных аппаратов при обработке полей пестицидами// Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. 4(12). С. 68-74

Введение. Анализ рынка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для сельского хозяйства показывает его значительный потенциал для роста и развития. Различные аналитические компании прогнозируют рост спроса на эти технологии в ближайшие годы.

Согласно данным Markets and Markets, ожидается рост рынка на 35% до 2024 года. PricewaterhouseCoopers оценивает объём рынка в 32,4 миллиарда долларов. Goldman Sachs прогнозирует, что сегмент сельского хозяйства на рынке дронов станет крупнейшим в течение следующих пяти лет.

Министерство сельского хозяйства России также отмечает потенциал цифровизации для увеличения производительности сельскохозяйственных предприятий в два раза к 2025 году. Ожидается, что мировая экономическая эффективность дронов в фермерском хозяйстве и аграрном секторе к 2025 году составит около 82 миллиардов долларов.

Global Market Insights прогнозирует, что к 2025 году рынок агробеспилотников превысит 1 миллиард долларов. Международная ассоциация беспилотных систем отмечает, что 90% дронов в мире будут

использоваться только в двух отраслях: сельском хозяйстве и безопасности, причём агросектор будет закупать в 10 раз больше дронов и станет крупнейшей сферой их применения.

Эти данные подчёркивают важность и перспективность развития рынка беспилотных летательных аппаратов для сельского хозяйства, что открывает новые возможности для оптимизации сельскохозяйственных процессов и повышения эффективности производства [1].

Применение авиации в сельском хозяйстве является инструментом повышения его эффективности [2]. А применение беспилотных воздушных судов (БВС) позволит повысить эффективность и безопасность выполнения этих работ [3].

На сегодняшний день при обработке полей пестицидами применяются самоходные опрыскиватели (рис. 1а), однако у них есть свои недостатки, среди которых:

- потеря урожая из-за наличия технологической колеи трактора;
- насыщенная влагой почва часто становится причиной увязания тракторов;
- дроны могут стать настоящим подспорьем для регионов с заметным дефицитом

воды. Расход рабочей жидкости в 20 раз ниже, чем у наземной техники.



а)



б)

Рис. 1 - а) - самоходный опрыскиватель, б) - БАС

В современном сельском хозяйстве дроны находят широкое применение, особенно в процессах десикации и обработки высокостебельных культур фунгицидами и инсектицидами [4]. Это обусловлено несколькими ключевыми факторами, среди которых выделяется отсутствие риска для оператора, по сравнению с традиционными методами, такими как использование самолетов.

Применение дронов (рис. 1б) в сельском хозяйстве позволяет существенно повысить эффективность и безопасность агрохимических работ [5]. Благодаря возможности точного и целенаправленного нанесения химических веществ, достигается значительная экономия ресурсов, снижается негативное воздействие на окружающую среду и повышается урожайность [6].

Использование дронов открывает новые горизонты в области сельского хозяйства, позволяя оптимизировать процессы и повышать качество продукции при одновременном снижении затрат и рисков [7].

Беспилотные авиационные системы (БАС) демонстрируют ряд существенных преимуществ перед традиционной наземной агротехникой, что делает их ценным инструментом в арсенале современного сельского хозяйства [8]. Среди основных преимуществ БАС можно выделить:

- отсутствие повреждений обрабатываемых растений. В отличие от наземных агрегатов, которые могут повреждать растения во время обработки, БАС обеспечивают точное и аккуратное нанесение агрохимикатов, минимизируя риск механического воздействия на культуры [9];

- возможность выполнения обработки при влажной почве. Благодаря своей мобильности и способности работать в условиях насыщенной влагой почвы, БАС позволяют проводить необходимые агротехнические мероприятия даже в неблагоприятных погодных условиях,

когда использование наземной техники затруднено или невозможно [10];

- более высокая скорость и производительность обработки. Применение БАС обеспечивает значительное ускорение процесса обработки, что приводит к повышению общей производительности и сокращению сроков проведения агротехнических мероприятий [11];

- оперативность и мобильность. Беспилотные системы отличаются высокой степенью оперативности и мобильности, что позволяет быстро реагировать на изменения в погодных условиях и оперативно перемещать оборудование между полями, оптимизируя процесс обработки [12].

Эти преимущества делают БАС эффективным и перспективным инструментом для современного сельского хозяйства, способствуя повышению урожайности, снижению затрат и улучшению экологической ситуации в агропромышленном комплексе.

В связи с этим целью проведения исследования стал анализ преимуществ использования беспилотных авиационных систем (БАС) в процессе обработки сельскохозяйственных угодий пестицидами. Исследование направлено на выявление способов, которыми применение БАС способствует повышению эффективности и точности обработки, а также снижению экологического воздействия.

Условия, материалы и методы. В ходе подготовки статьи был проведён глубокий анализ 17 актуальных источников, индексируемых в международных базах данных PubMed, Web of Science, Google Scholar, доступных на платформе eLibrary.ru и охватывающих период с 2014 по 2024 год.

При написании статьи были рассмотрены новейшие исследования, посвящённые изучению эффективности внедрения современных технологий в сельское хозяйство, включая использование беспилотных авиационных систем.

Выбор статей для анализа основывался на высоком уровне цитируемости и частоты упоминаний этих научных работ в других источниках.

Результаты и обсуждение. Современный подход по применению беспилотных систем позволяет минимизировать расходы химикатов, снизить химическую нагрузку на почву, воду, культуру, достигая при этом более высоких результатов

выращивания культур, чем при традиционных подходах [13]. Это не значит, что технологии защиты растений с помощью БАС неэффективны – это очень перспективное направление, которое несомненно будет развиваться. По сути, самоходные опрыскиватели не конкурируют с авиационными системами – они просто решают разный спектр задач и даже могут успешно дополнять друг друга.

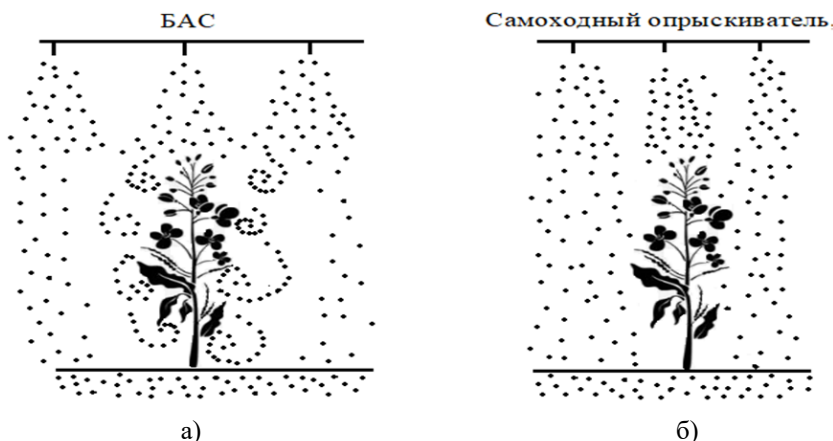


Рис. 2 - Схематический пример распыления пестицидов

Отличительной особенностью применения БАС от распылительного агрегата является то, что при обработке культур на малой высоте химическими препаратами распыление проводится с завихрением благодаря лопастям летательного аппарата (рис. 2).

Стандартное опрыскивание наземным способом проводится лишь только на поверхности листьев. Из-за плотной растительности препараты не полностью покрывают растение, что в свою очередь приводит к неполному уничтожению вредителей [14].

Самоходный опрыскиватель универсален в плане четкого попадания в агрономические сроки, а за счет многомодульности закрывает весь спектр задач: обработка посевов пестицидами на различных стадиях вегетации, подкормка гранулированными (как разбрасыватель) и жидкими минеральными

удобрениями (в режиме опрыскивания по листу или внутрпочвенно — с помощью мультинжектора).

Распылители — одна из важнейших частей самоходных, прицепных и прочих опрыскивателей. От качества распылителей напрямую зависит эффективность распыления химраствора, что напрямую влияет на урожайность обрабатываемой культуры [15]. Существует множество вариантов распылителей для опрыскивателей, которые отличаются конструкцией, материалом, размером формируемых капель, расходом химического раствора и рабочим давлением [16].

Интересным решением стало то, что теперь в отличие от щелевых форсунок, на новые модели БПЛА мультиторторного типа устанавливаются два дисковых распылителя с моделью сопла LX8060SZ (рис.3).

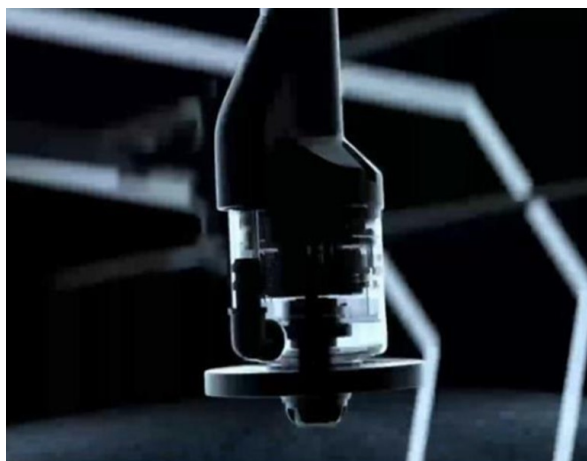


Рис. 3 - Дисковый распылитель

ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Данная дисковая система опрыскивания оснащена лопастным насосом с магнитным приводом. Лопастными называют динамические насосы, в которых жидкость перемещается путем обтекания лопастей [17].

Диапазон скоростей сопла: 8000-16000 об/мин, размер частиц распыления: 50-300 мкм. Суммарный максимальный двух сопел будет составлять 12 л/мин. Подобного

рода решения обладают современные дроны Agras T40. Ширина захвата составляет 11 м при высоте полёта от листовой поверхности 2,5 м и скорости полета 7 м/с.

Максимальная взлётная масса квадрокоптера DJI Agras T40 с полезной нагрузкой для опрыскивания составляет 90 кг (вес дрона без батареи 38 кг., с батареей 50 кг + 40 кг заправленный бак). Обрабатываемая площадь до 20 га (табл. 1).

Таблица 1 - Характеристика Агродрона DJI Agras T40

Характеристика	DJI Agras T40
Количество винтов	8
Максимальное время полета	11 мин
Максимальная высота полета	30 м
Максимальная скорость набора высоты	10 м/с
Максимальная скорость полета	10 м/с
Объем бака	40 л
Производительность	до 20 га в час
Расход раствора	5-10 литров/га
Количество распылителей	2 шт.
Стоимость	1 633 500 руб.

Сравнивая цены современных опрыскивателей с беспилотными летательными аппаратами то можно видеть, что Туман -3 на

сегодняшний день стоит порядка 11 717 760 руб. (табл. 2), а цена БАС Агродрон DJI Agras T40 стоит порядка 1 633 500 руб.

Таблица 2 - Характеристика штатного самоходного опрыскивателя туман – 3

Характеристика	Туман - 3
Скорость в поле	до 35 км/ч
Производительность	до 80 га/ч
Количество распылителей	48 шт.
Объем бака	2500 л
Ширина захвата	28 м
Расход рабочей жидкости	15–450 л/га
Давление на почву	0,4–0,8 кг/см ²
Расход топлива	до 0,35 л/га
Клиренс	до 0,8 м
Колея	2,03–2,1–2,25 м
Рабочее давление в нагнетательной магистрали	0,15–0,6 Мпа
Стоимость	11 717 760 руб.

Расчеты стоимости опрыскивания БАС Агродрон DJI Agras T40 и самоходного

опрыскивателя Тумана – 3 приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 - Анализ экономических показателей применения беспилотных авиационных систем

Стоимость 1 агродрона DJI Agras T40 руб	Средняя производительность агродрона за сезон, га (3 обработки)	Возможные виды обработок	Стоимость обработок			
			Стоимость ГСМ на 1 га, на 1 дрон, руб.	Амортизация агродрона и батарей, руб.	Зарботная плата персонала и прочие расходы, руб.	Итого, руб.
1 633 500	6000	- внесение СЗР и твердых удобрений; - посев и подсев покровных культур; - искусственное опыление и десикация	50	280	70	400

ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Таблица 4 - Анализ экономических показателей применения самоходного опрыскивателя

Стоимость Тумана - 3 руб.	Средняя производительность самоходного опрыскивателя за сезон, га (3 обработки)	Возможные виды обработок - внесение СЗР и твердых удобрений; - посев и подсев покровных культур; - искусственное опыление и десикация.	Стоимость обработок			
			Стоимость ГСМ на 1 га, на 1 самоходного опрыскивателя, руб.	Амортизация самоходного опрыскивателя, руб.	Заработная плата персонала и прочие расходы, руб.	Итого, руб.
11 717 760	6000		100	610	210	920

В контексте анализа экономической эффективности использования агродронов для обработки сельскохозяйственных угодий важно учитывать различные аспекты, включая расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ), затраты на приобретение дополнительных батарей и заработную плату персонала.

Для обработки одного гектара земли требуется определённое количество топлива. В данном случае, учитывая совокупный расход грузовой техники и генератора, предполагается, что на гектар расходуется один литр бензина марки 92. Стоимость одного литра бензина составляет 50 рубля. Таким образом, общие затраты на ГСМ для обработки одного гектара составляют 50 рубля на 2024 год.

Для обеспечения бесперебойной работы агродронов необходимо периодически заменять батареи. В течение трёх лет эксплуатации потребуются приобрести шесть дополнительных батарей. Общие затраты на приобретение батарей составят 1 миллион 248 тысяч рублей. Разделив эту сумму на общее количество гектаров, которые планируется обработать за три года (18 000 гектаров), получаем дополнительные затраты на один гектар, равные 280 рублям.

Помимо расходов на ГСМ и приобретение батарей, необходимо учесть заработную плату персонала и затраты на расходные материалы.

При расчёте прибыли не учитывались работы по посеву дроном и опылению культур, которые существенно улучшают экономику приобретения агродронов. В результате применения дрона средняя дополнительная прибыль при использовании агродронов

варьируется от 3 до 12 миллионов рублей в зависимости от культуры и урожайности. При использовании собственного дрона средняя дополнительная прибыль составляет 4,4 миллиона рублей.

Выводы. В завершение можно сказать, что наземная техника отличается более высокой производительностью, однако уступает агродронам в мобильности. Агродроны эффективно дополняют наземный парк, особенно при работе на удалённых небольших полях неправильной формы, где переброска наземной техники и доставка ресурсов затруднены [18].

Современные самоходные опрыскиватели способны обрабатывать большие площади за смену, но они становятся нерентабельными для небольших хозяйств, где приобретение такой техники нецелесообразно из-за долгого срока окупаемости. В таких случаях агродроны становятся отличным решением для технологии опрыскивания. За одну смену не требуется подвозить химические средства и воду, что существенно снижает временные и финансовые затраты. Бригада из двух человек, используя два агродрона, может обработать до 600 гектаров за смену.

Применение беспилотных авиационных систем (БАС) становится возможным после дождей, когда листья растений начинают высыхать, а также на полях с недостаточно плотной почвой, что делает невозможным использование наземной техники на начальных этапах. Это позволяет оптимизировать агротехнические мероприятия и повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Значимые факторы развития рынка сельскохозяйственных беспилотных летательных аппаратов в новых реалиях / Н. Ю. Зубарев, А. А. Урасова, Л. В. Глезман [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 1. С. 139-150. – doi 10.32417/1997-4868-2024-24-01-139-150.
2. Проведение калибровки неметрической фотокамеры в беспилотном летательном аппарате при мониторинге земель / С. В. Сочнева, Н. А. Логинов, Н. В. Трофимов, Д. С. Филимонов // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. № 4(4). С. 60-65. doi 10.12737/2782-490X-2022-60-65. .
3. Яхин И. Ф., Трофимов Н. В., Логинов Н. А. Современные цифровые технологии для управления посевами сельскохозяйственных культур // Международный форум Kazan Digital Week-2022: Сборник материалов Международного форума, Казань, 21–24 сентября 2022 года / Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2022. С. 839-843.
4. Логинов Н. А. Логинова И. М. Применение беспилотных летательных аппаратов для аэрозольной обработки горячим туманом посевов сельскохозяйственных культур (от поражения вредителей)//

Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 289-295.

5. Ибрагимов А. Г. Экологические проблемы сельского хозяйства // *Аграрная наука*. 2019. № 7-8. С. 41-42. doi 10.32634/0869-8155-2019-330-7-41-42.

6. Aslakhanova S. A., Khuazheva S. A., Dzulaeva I. Yu. Quality of life, population health and demography as targets for sustainable development // *E3S Web of Conferences: 2nd International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (ESMGT 2023)*, Novosibirsk, 28–29 сентября 2023 года. Vol. 451. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. P. 05017. doi 10.1051/e3sconf/202345105017.

7. Агротехнологический суверенитет - основа ликвидации экономической, экологической и социальной катастрофы России (на примере Республики Татарстан) / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, В. В. Хоменко [и др.] // *Проблемы современной экономики*. 2023. № 3(87). С. 227-232.

8. Челышева Д. Н. Беспилотные летательные аппараты как один из основных инструментов цифровой трансформации АПК // *АПК: экономика, управление*. – 2024. – № 2. – С. 96-101. – doi 10.33305/242-96.

9. Тетерин В. С., Гапеева Н. Н. Машина для аэрозольной обработки пропашных культур // *Техника и оборудование для села*. 2020. № 7(277). С. 22-25. doi 10.33267/2072-9642-2020-7-22-24.

10. Экологические проблемы почвоведения и земледелия / И. В. Дудкин, Д. И. Жилияков, Н. В. Долгополова, Е. В. Мальшева // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2023. № 4. С. 72-77. doi 10.31857/2500-2082/2023/4/72-77.

11. Техника и технология поверхностного улучшения пойменных лугов Республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, А. Р. Валиев, М. М. Хисматуллин [и др.] // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2022. Т. 17, № 4(68). С. 50-55. doi 10.12737/2073-0462-2023-50-55.

12. Тихонов А. А., Акматов Д. Ж. Актуальность применения мультикоптеров на производстве // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019. № 1. С. 55-62. – doi 10.25018/0236-1493-2019-01-0-55-62.

13. Попова Н. П., Шевченко В. А., Соловьев А. М. Влияние системы удобрения и предшественников на динамику кислотности дерново-подзолистых почв при введении их в сельскохозяйственный оборот // *Плодородие*. 2020. № 6(117). – С. 3-6. doi 10.25680/S19948603.2020.117.01.

14. Motavalov, I. F. The effectiveness of the use of pesticides in the cultivation of winter wheat in OOO Nurlat Set Nurlatsky municipal district of the Republic of Tatarstan / I. F. Motavalov // 09–10 февраля 2021 года. Vol. 6, 2021. P. 78-83.

15. Хафизов Р. Н., Нурмиев А. А. Некоторые вопросы применения опрыскивателей // *Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора П.Г. Мудрова, Казань, 26–27 октября 2023 года*. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 175-184.

16. Хафизов Р. Н., Нурмиев А. А. Распылители, используемые на современных опрыскивателях // *Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора П.Г. Мудрова, Казань, 26–27 октября 2023 года*. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 185-194

17. Габдрафиков Ф. З., Айсуваков И. Н., Галиев И. Г. Насос-форсунка дизеля с кольцевым управляющим клапаном // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 15, № 1(57). С. 68-75. doi 10.12737/2073-0462-2020-68-75.

18. Глыгян К. М., Дулин Д. А. Анализ эксплуатационных показателей отечественных и зарубежных технических средств // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 76-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2020 год. В 3 ч., Краснодар, 10–30 марта 2021 года. Том Часть 2*. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 445-448.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах:

Логинов Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, e-mail: loginov_2311@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4518-0119>

Трофимов Николай Валерьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, e-mail: nik.trofimow@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1672-8007>
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

ADVANTAGES OF USING UNMANNED AERIAL SYSTEMS IN PROCESSING FIELDS WITH PESTICIDES

N. A. Loginov, N. V. Trofimov

Abstract. The article analyzes the advantages of using unmanned aerial systems (UAS) for treating agricultural land with chemical plant protection products. The modern market of special equipment offers various solutions, among which ultra-low-volume spraying stands out. It contributes to a more effective action of preparations due to the swirls created by the propellers of the copters and the small size of the drops, ensuring complete coverage of the plant surface. Classic sprayers cannot treat the lower parts of the leaves, while drones, working at a low altitude, create swirls using disc sprayers, which allows for complete treatment of plants. Modern drone models are capable of working in hard-to-reach areas and are more economical compared to traditional methods. They can be equipped with different types of sprayers, adapting to different conditions and requirements. For example, disc sprayers are used to treat large areas, and conical or slot sprayers are used for spot treatment. The use of UAS also has environmental benefits: reduced consumption of chemicals due to more precise application and minimization of environmental impact due to the refusal to use heavy equipment and reduced labor requirements. In addition, the use of UAS allows agricultural producers to quickly respond to changes and adjust the processing process, which increases the overall efficiency of agricultural production. Calculations based on

the cost of work and operating efficiency show that when choosing machines for processing fields, agricultural producers should consider the feasibility of purchasing complex and expensive equipment for small areas, since the equipment will be idle for a longer time. Self-propelled sprayers are effective when processing large areas, but become inconvenient for small farms. Thus, the use of unmanned aerial systems is a promising direction that can significantly improve the efficiency and environmental friendliness of agricultural processes.

Keywords: processing, agrodrone, self-propelled sprayer, pesticides, crops, aviation, sprayers.

For citation: Loginov N.A., Trofimov N.V. Advantages of using unmanned aerial systems in processing fields with pesticides. *Agrobiotechnology and digital farming*. 2024; 4(12). p. 68-74

References

- Zubarev N. Yu., Urasova A. A., Glezman L. V. [i dr.]. [Significant factors in the development of the agricultural unmanned aerial vehicles market in new realities]. *Agrarnyj vestnik Urala*. – 2024. – T. 24, № 1. – S. 139-150. – doi 10.32417/1997-4868-2024-24-01-139-150.
- Sochneva S. V., Loginov N. A., Trofimov N. V., D. S. Filimonenko [Calibration of a non-metric camera in an unmanned aerial vehicle during land monitoring]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. – 2022. – № 4(4). – S. 60-65. – doi 10.12737/2782-490X-2022-60-65.
- Yahin I. F., Trofimov N. V., Loginov N. A. [Modern digital technologies for crop management]. *Mezhdunarodnyj forum Kazan Digital Week-2022: Sbornik materialov Mezhdunarodnogo foruma, Kazan', 21–24 sentyabrya 2022 goda / Pod obshej redakciej R.N. Minnihanova*. – Kazan': Nauchnyj centr bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti, 2022. – S. 839-843.
- Loginov N. A., Loginova I. M. [The use of unmanned aerial vehicles for aerosol treatment of crops with hot mist (from pest damage)]. *Global'nye vyzovy dlya prodovol'stvennoj bezopasnosti: riski i vozmozhnosti: Nauchnye trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Kazan', 01–03 iyulya 2021 goda*. – Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – S. 289-295.
- Ibragimov A. G. [Environmental problems of agriculture]. *Agrarnaya nauka*. – 2019. – № 7-8. – S. 41-42. – doi 10.32634/0869-8155-2019-330-7-41-42.
- Aslakhanova S. A., Khuazheva A. Sh., Dzulaeva I. Yu. [Quality of life, population health and demography as targets for sustainable development]. *E3S Web of Conferences: 2nd International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (ESMGT 2023), Novosibirsk, 28–29 sentyabrja 2023 goda*. Vol. 451. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 05017. – doi 10.1051/e3sconf/202345105017.
- Mazitov N. K., Sahapov R. L., Homenko V. V. [Agrotechnological sovereignty is the basis for eliminating the economic, environmental and social catastrophe of Russia (using the example of the Republic of Tatarstan)]. *Problemy sovremennoj jekonomiki*. – 2023. – № 3(87). – S. 227-232.
- Chelysheva D. N. [Unmanned aerial vehicles as one of the main tools for the digital transformation of the agro-industrial complex]. *APK: jekonomika, upravlenie*. – 2024. – № 2. – S. 96-101. – doi 10.33305/242-96.
- Teterin V. S., Gapeeva N. N. [Machine for aerosol treatment of row crops]. *Tehnika i oborudovanie dlja sela*. – 2020. – № 7(277). – S. 22-25. – doi 10.33267/2072-9642-2020-7-22-24.
- Dudkin I. V., Zhiljakov D. I., Dolgoplova N. V., Malysheva E. V. [Ecological problems of soil science and agriculture]. *Vestnik rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki*. – 2023. – № 4. – S. 72-77. – doi 10.31857/2500-2082/2023/4/72-77.
- Safiollin F. N., Valiev A. R., Hismatullin M. M. [Technique and technology of surface improvement of floodplain meadows of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – T. 17, № 4(68). – S. 50-55. – doi 10.12737/2073-0462-2023-50-55.
- Tihonov A. A., Akmatov D. Zh. [The relevance of the use of multicopters in production]. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal)*. – 2019. – № 1. – S. 55-62. – doi 10.25018/0236-1493-2019-01-055-62.
- Popova N. P., Shevchenko V. A., Solov'ev A. M. [The influence of the fertilizer system and precursors on the dynamics of acidity of sod-podzolic soils when they are introduced into agricultural circulation]. *Plodorodie*. – 2020. – № 6(117). – S. 3-6. – doi 10.25680/S19948603.2020.117.01.
- Motavalov, I. F. The effectiveness of the use of pesticides in the cultivation of winter wheat in OOO Nurlat Set Nurlatsky municipal district of the Republic of Tatarstan / I. F. Motavalov // 09–10 fevralja 2021 goda. Vol. 6, 2021. – P. 78-83.
- Hafizov R. N., Nurmiev A. A. [Some issues of sprayers application]. *Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya tehnichekoj bazy agropromyshlennogo kompleksa: Nauchnye trudy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj pamjati d.t.n., professora P.G. Mudrova, Kazan', 26–27 oktjabrja 2023 goda*. – Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023. – S. 175-184.
- Hafizov R. N., Nurmiev A. A. [Sprayers used on modern sprayers]. *Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya tehnichekoj bazy agropromyshlennogo kompleksa: Nauchnye trudy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj pamjati d.t.n., professora P.G. Mudrova, Kazan', 26–27 oktjabrja 2023 goda*. – Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023. – S. 185-194.
- Gabdrifikov F. Z., Ajsuvakov I. N., Galiev I. G. [Diesel injection pump with an annular control valve]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – T. 15, № 1(57). – S. 68-75. – doi 10.12737/2073-0462-2020-68-75.
- Glytjan, K. M., Dulin D. A. [Analysis of operational indicators of domestic and foreign technical means]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statej po materialam 76-j nauchno-prakticheskoj konferencii studentov po itogam NIR za 2020 god. V 3 ch., Krasnodar, 10–30 marta 2021 goda. Tom Chast' 2*. – Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2021. – S. 445-448.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest.

Author:

Loginov Nikolaj Aleksandrovich – candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: loginov_2311@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4518-0119>

Trofimov Nikolaj Valer'evich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: nik.trofimow@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1672-8007>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

