

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ

© Захарова Д. М., Ключева А. А., Мехоношина Е. П., 2026

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

В статье представлен сравнительный анализ использования беспилотных авиационных систем (БАС) и традиционного человеческого труда в сельском хозяйстве с точки зрения экономической эффективности и уровня производственных рисков. На основе официальных технических характеристик и научных публикаций авторами проведена оценка пяти показателей: производительность, расход ресурсов, эксплуатационные затраты, окупаемость и анализ производственных рисков (техногенный, погодный, токсикологический, человеческий фактор, технологический). Рассчитав затраты на обработку сельскохозяйственного предприятия площадью 1 000 гектаров, авторы сформулировали рекомендации по выбору между приобретением дрона и традиционной наземной техники в зависимости от масштаба хозяйства для сельхозтоваропроизводителей.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, агродроны, экономическая эффективность, снижение рисков, точное земледелие, производительность труда, эксплуатационные затраты, окупаемость оборудования

В России агродроны пока не так популярны, как на международном агрорынке, тем не менее темпы интеграции беспилотных авиационных систем (далее БАС) в сельское хозяйство оптимистичны. По состоянию на 2025 год более 500 000 сельскохозяйственных дронов используются в 100 странах для обработки более 300 видов сельскохозяйственных культур [1].

По данным опроса компаний Wheelies, только 15 % агрокомпаний используют беспилотники. Ещё 35 % планируют внедрение в ближайшие 2–3 года, 30 % находятся на стадии пилотных проектов. В 2025 году дронами обработано около 600 тыс. га [2]. К 2028 году Минсельхоз планирует увеличить этот показатель до 2 млн га ежегодно [3].

Иркутская область является одним из пилотных регионов по внедрению беспилотных технологий в сельском хозяйстве. По данным иркутского филиала ФГБУ «Россельхозцентр», в 2025 году сельхозтоваропроизводители Приангарья использовали 5 беспилотных авиационных систем. С их помощью специалисты осуществляли внекорневую подкормку растений, обработку посевов от вредителей и сорняков, а также мониторинг состояния полей.

Целью данной статьи является сравнительный анализ использования дронов и традиционного человеческого труда в сельском хозяйстве с точки зрения их экономической эффективности и уровня рисков, на основе официальных технических данных.

В качестве объекта исследования выбран DJI Agras T50 — один из наиболее распространённых агродронов на мировом рынке. Согласно официальной документации дрон обладает следующими характеристиками:

- грузоподъемность (опрыскивание) — 40 кг;
- грузоподъемность (разбрасывание) — 50 кг (70 л);
- полевая производительность — 21 га/час;
- скорость распыления (2 форсунки) — 16 л/мин;
- скорость распыления (4 форсунки) — 24 л/мин;
- скорость разбрасывания — 108 кг/мин (1,5 т/ч);
- расход рабочей жидкости — 8 л/га;
- максимальная скорость полёта — 10 м/с (36 км/ч);
- дальность управления — 2 000 м;
- ширина захвата — ~10–12 м;
- следование рельефу — до 50°;
- стоимость — 1 749 000 рублей.

Для сравнения с DJI Agras T50 в качестве традиционной техники выбран прицепной опрыскиватель ОП-2000 «Руслан» (стоимость на сайте производителя — 748 000 руб.) в агрегате с трактором МТЗ-82 (стоимость на сайте производителя — 1 200 000 руб.). Выбор моделей обусловлен наличием официальных технических характеристик и схожей общей стоимости, что

позволяет провести сравнение с дроном на корректных условиях.

Для достижения цели исследования выделили пять групп оценочных параметров, каждая из которых влияет на итоговую экономическую эффективность и уровень риска в агропроизводстве. Производительность (первая группа) определяет трудоёмкость и потребность в персонале. Расход ресурсов (вторая группа) характеризует нагрузку на оборотные средства. Эксплуатационные затраты (третья группа) позволяют сравнить текущие издержки. Окупаемость (четвёртая группа) показывает инвестиционную привлекательность. Анализ рисков (пятая группа) учитывает внеэкономические факторы, которые могут нарушить производственный процесс.

Первая группа показателей — производительность. От того, сколько гектаров может обработать человек, трактор или дрон за рабочий день, зависит общая трудоёмкость работ, потребность в рабочем персонале и затраты на оплату труда. Для анализа мы сравнили три метода обработки: ручной труд с ранцевым опрыскивателем, тракторный прицепной опрыскиватель и дрон DJI Agras T50.

Согласно техническому справочнику по применению гербицидов, производительность ранцевого пневматического опрыскивателя ОРП-1 составляет 0,6 га за 8-часовой рабочий день. Более современные моторизированные ранцевые опрыскиватели способны обрабатывать до 1,0 га в час, что соответствует 8 га в день. Для консервативной оценки в наших расчётах мы используем значение 2–3 га в день [5].

Скорость прицепного опрыскивателя ОП-2000 «Руслан» в агрегате с трактором МТЗ-82, согласно технической документации, достигает 12 км/ч при ширине захвата 18 м, что обеспечивает производительность до 16 га в час. При 8-часовом рабочем дне сменная выработка составляет до 128 га. Дрон DJI Agras T50 при производительности 21 га в час за 8-часовую смену способен обработать до 168 га.

Таким образом, производительность дрона в 1,3 раза выше производительности прицепного опрыскивателя и в 56–84 раза превосходит ручной труд. При этом важно отметить, что использование прицепного опрыскивателя требует наличия трактора мощностью не менее 80 л.с., который приобретается отдельно.

Вторая группа показателей — расход ресурсов. Мы сравнили объём рабочей жидкости, необходимый для обработки 1 000 гектаров, и рассчитали абсолютную и относительную экономию воды.

Согласно официальной документации DJI, расход рабочей жидкости дрона DJI Agras T50 составляет 8 литров на гектар, а расход прицепного опрыскивателя ОП-2000 «Руслан» — 200 литров на гектар. Таким образом, на 1 000 гектаров

традиционный опрыскиватель затрачивает 200 000 литров воды, тогда как дрону требуется всего 8 000 литров.

Итого сокращение расхода воды в 25 раз ($200 \div 8 = 25$) за счёт того, что традиционный опрыскиватель заливает в бак много воды, чтобы развести в ней небольшое количество препарата. Дрон же использует ультрамалообъёмный метод (УМО) и распыляет практически чистый препарат, а вода нужна лишь для мелких капель-носителей.

Третья группа показателей — эксплуатационные затраты на 1 000 гектаров. Сравнение суммарных затрат позволяет определить, какой из методов обработки является экономически более выгодным в расчёте на единицу площади.

Для традиционного метода мы взяли прицепной опрыскиватель ОП-2000 «Руслан» стоимостью 748 000 рублей в агрегате с новым трактором МТЗ-82 стоимостью 1 200 000 рублей. Расход топлива трактора при работе с опрыскивателем составляет от 2,7 до 6,6 кг на гектар (что соответствует 3,2–7,8 литра на гектар) [6]. В расчёте мы использовали среднее значение 5 литров на гектар. Цена дизельного топлива для сельхозпроизводителей в 2025 году равна 49 рублям за литр (по данным анализа топливного рынка). Оплата труда механизатора рассчитана исходя из данных Роструда за 2025 год: средняя заработная плата механизатора в сельском хозяйстве варьируется от 44 000 до 130 000 рублей в месяц в зависимости от региона и квалификации; в наших расчётах используется среднее значение 60 000 рублей в месяц. Срок службы опрыскивателя и трактора принят равным 5 годам.

Для метода с использованием дрона была рассмотрена модель БАС — DJI Agras T50 стоимостью 1 749 000 рублей. Для зарядки аккумуляторов в полевых условиях используется генератор D12 000iE с расходом бензина 0,5 литра на кВт·ч. Цена бензина принята равной 50 рублям за литр (среднерыночная цена 2025 года). Согласно данным Роструда за 2025 год, средняя заработная плата оператора агродрона составляет 102 500 рублей в месяц. Срок службы дрона также равен 5 лет. Кроме того, за счёт точечного внесения препаратов достигается снижение расхода средств защиты растений на 15–20 %, что учтено в расчётах.

Эксплуатационный расход топлива трактора МТЗ-82 при полевых работах может достигать 6,6 кг/га (примерно 7,8 л/га) [6]. При консервативной оценке (5 л/га) и цене 49 руб./л затраты составляют: $5 \text{ л/га} \times 1\,000 \text{ га} \times 49 \text{ руб.} = 245\,000 \text{ руб.}$ на 1 000 га. Для дрона расчёт выглядит следующим образом: $47,6 \text{ часа работы} \times 9 \text{ кВт} \times 0,5 \text{ л/кВт} \cdot \text{ч} \times 50 \text{ руб./л} = 10\,710 \text{ руб.}$, а с учётом транспортировки $\approx 15\,000 \text{ руб.}$

Для традиционного метода при производительности 16 га/час на 1 000 га требуется 62,5 часа (примерно 8 дней). С учётом подготовительных работ и времени на переезды это

соответствует примерно 1 месяцу работы, а зарплата механизатора составляет 60 000 руб./мес. Для дрона: $1\,000\text{ га} \div 21\text{ га/час} = 47,6\text{ часа}$ (около 6 дней). При почасовой оплате 580 руб./час получаем $\approx 28\,000$ руб.

При годовой выработке 5 000 га амортизация прицепного опрыскивателя на 1 000 га составляет: 1 948 000 руб. (суммарная стоимость трактора и опрыскивателя) $\div 5\text{ лет} \approx 390\,000$ руб. Для дрона: $1\,749\,000\text{ руб.} \div 60\text{ месяцев} = 29\,150\text{ руб./мес.}$; на 1 000 га требуется 0,2 месяца, то есть 6 000 руб.

Средние затраты на химическую защиту для зерновых культур составляют от 1 500 до 3 000 руб./га. В расчёте использовано среднее значение 2 000 руб./га. Экономия 20 % достигается за счёт точечного внесения, отсутствия перекрытий при параллельных проходах и уменьшения сноса препарата за пределы обрабатываемой зоны благодаря вертикальному распылению с дрона.

Суммарные эксплуатационные затраты при использовании дрона составляют 1 649 тыс. рублей на 1 000 га, что на 1 046 тыс. рублей (или на 38,8 %) ниже по сравнению с прицепным опрыскивателем ОП-2000 «Руслан» в агрегате с трактором МТЗ-82 (2 695 тыс. руб. на 1 000 га). Основной вклад в экономию вносят снижение затрат на топливо (230 тыс. руб. на 1 000 га) и на средства защиты растений (400 тыс. руб. на 1 000 га).

Четвёртая группа показателей — окупаемость оборудования. Рассмотрим срок окупаемости дрона DJI Agras T50 при двух сценариях загрузки (консервативном и оптимистичном) и сравним полученные значения со сроком окупаемости традиционной наземной техники.

Стоимость дрона DJI Agras T50 составляет 1 749 000 рублей, а стоимость комплекта традиционного опрыскивателя (трактор МТЗ-82 + прицепной опрыскиватель ОП-2000 «Руслан») — 1 948 000 рублей. Производительность дрона равна 21 га в час, что при 8-часовой смене даёт сменную выработку 168 га в день. Экономия на 1 000 гектаров при использовании дрона по сравнению с традиционным методом составляет 1 046 000 рублей (или 1 046 рублей на один гектар), как было показано в предыдущем разделе.

При консервативной оценке исходим из 60 рабочих дней в сезоне с учётом погодных и

организационных простоев. Годовая выработка дрона составляет: $168\text{ га/день} \times 60\text{ дней} = 10\,080\text{ га}$. Соответствующая годовая экономия достигает: $10\,080\text{ га} \times 1\,046\text{ руб./га} = 10\,543\,680$ рублей.

При ещё более консервативном сценарии (50 % загрузки от предыдущего уровня) годовая выработка снижается до 5 040 га, а годовая экономия — до 5 271 840 рублей. В оптимистичном сценарии срок окупаемости дрона рассчитывается как отношение стоимости оборудования к годовой экономии: $1\,749\,000\text{ рублей} \div 10\,543\,680\text{ руб./год} \approx 0,17\text{ года}$, что составляет около 2 месяцев.

В консервативном сценарии (при загрузке 5 040 га в год) срок окупаемости увеличивается: $1\,749\,000\text{ рублей} \div 5\,271\,840\text{ руб./год} \approx 0,33\text{ года}$, то есть примерно 4 месяца.

Срок окупаемости комплекта «трактор МТЗ-82 + прицепной опрыскиватель ОП-2000 «Руслан» при аналогичной загрузке составляет от 3 до 5 лет. Это в 9–30 раз дольше, чем срок окупаемости дрона. Таким образом, при годовой выработке 10 080 гектаров дрон окупается менее чем за 2 месяца работы. Даже при консервативной оценке загрузки (5 040 га в год) срок окупаемости не превышает 4 месяцев, что по-прежнему значительно ниже показателей традиционной техники.

При расчёте окупаемости дрона не учитывалась возможность использования трактора МТЗ-82 для других видов работ (вспашка, посев, транспортные операции). Если трактор уже есть в хозяйстве и используется круглогодично, то дополнительные инвестиции требуются только на опрыскиватель. В этом случае срок окупаемости опрыскивателя за счёт экономии на средствах защиты растений и топливе составит около 1,5–2 лет, что всё равно дольше, чем у дрона (2–4 месяца).

Пятая группа показателей — риски. Помимо экономической эффективности, важным критерием выбора метода обработки является уровень производственных рисков. К ним относятся техногенное воздействие на почву (переуплотнение, повреждение всходов), зависимость от погодных условий, токсикологическая нагрузка на персонал и вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором. В таблице 1 приводится качественное сравнение традиционного метода и дрона по каждой из этих категорий рисков.

Таблица 1. Сравнительный анализ рисков

Категория риска	Прицепной опрыскиватель	DJI Agras T50	Эффект	Обоснование
Техногенный (почва)	Переуплотнение, повреждение корней	Отсутствие контакта с почвой	Полное исключение	Трактор МТЗ-82 массой 3–4 тонны создаёт давление на почву; дрон массой до 50 кг — нет
Погодный	Невозможность работы при переувлажнении	Работа сразу после дождя	Расширение агроокна	Трактор вязнет в грязи; дрон не требует твёрдого грунта

Токсикологический	Прямой контакт с пестицидами (заправка, калибровка)	Дистанционное управление (до 2 км)	Снижение воздействия	Оператор дрона находится на безопасном расстоянии
Человеческий фактор	Ошибки дозировки, пропуски, неравномерность	Автоматическое программирование, RTK-навигация	Минимизация ошибок	Дрон работает по заданному маршруту с точностью до см
Технологический	Низкий (простая конструкция, ремонт в поле возможен)	Отказ оборудования, потеря связи, необходимость ПО	Компенсируется дублированием систем	Трактор проще в ремонте в полевых условиях

Сравнительный анализ подчёркивает, что дроны позволяют исключить техногенное воздействие на почву (отсутствие уплотнения), минимизировать токсикологическую нагрузку на оператора (управление с расстояния до 2 км), обеспечить работу сразу после дождя и автоматизировать процесс внесения препаратов. Однако традиционная

техника имеет преимущество в простоте ремонта в полевых условиях и отсутствии зависимости от программного обеспечения и связи.

Дополнительно сравним затраты на оплату труда (механизатора и оператора дрона) за месяц (22 рабочих дня) в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение затрат на оплату труда

Показатель	Механизатор	Оператор дрона
Производительность (га/день)	128	168
Производительность за месяц (га)	2 816	3 696
Месячная заработная плата (руб.)	60 000	102 500
Себестоимость 1 га по оплате труда (руб./га)	21	28

Расчёт себестоимости 1 га:

Для механизатора: при производительности 128 га/день и зарплате 60 000 руб./мес: $60\,000 \div (128 \text{ га} \times 22 \text{ дня}) = 21 \text{ руб./га}$.

$128 \text{ га/день} \times 22 \text{ дня} = 2\,816 \text{ га/месяц}$

Для оператора дрона: при производительности 168 га/день и зарплате 102 500 руб./мес: $102\,500 \div (168 \text{ га} \times 22 \text{ дня}) = 28 \text{ руб./га}$.

$168 \text{ га/день} \times 22 \text{ дня} = 3\,696 \text{ га/месяц}$

Себестоимость 1 га по оплате труда у механизатора (21 руб./га) ниже, чем у оператора дрона (28 руб./га). Однако, как показано ранее в четвёртой группе показателей сравнения (по параметру окупаемости), полные эксплуатационные затраты у дрона значительно ниже. Это объясняется тем, что дрон экономит на других статьях затрат, прежде всего на топливе и химикатах, которые у традиционной техники выше.

Проведённый сравнительный анализ прицепного опрыскивателя ОП-2000 «Руслан» в агрегате с трактором МТЗ-82 и дрона DJI Agras T50 показывает, что беспилотная авиационная система превосходит традиционную технику по большинству ключевых показателей. Дрон обеспечивает более высокую производительность (в 1,3 раза выше, чем у опрыскивателя, и в 56–84 раза

выше, чем у ручного труда), сокращает расход воды на 96 % и снижает суммарные эксплуатационные затраты на 38,8 % за счёт экономии топлива и средств защиты растений. Хотя себестоимость одного гектара по оплате труда у оператора дрона (28 руб./га) несколько выше, чем у механизатора (21 руб./га), дрон выигрывает по общим издержкам. Срок окупаемости дрона составляет от 2 до 4 месяцев, что в 9–30 раз быстрее окупаемости традиционного комплекта. Кроме того, использование дрона исключает техногенное уплотнение почвы, минимизирует токсикологическую нагрузку на персонал.

Исходя из полученных результатов, авторы рекомендуют сельхозтоваропроизводителям ориентироваться на масштаб хозяйства. Для предприятий с ежегодной площадью обработки от 3 000 до 10 000 гектаров дрон является экономически более эффективным решением. Для хозяйств с площадью более 10 000 гектаров и при наличии собственного тракторного парка может рассматриваться приобретение прицепного опрыскивателя как дополнение к уже существующей технике, однако дрон остаётся предпочтительным для работы на переувлажнённых

почвах, труднодоступных участках и при точечном внесении препаратов. ■

1. DJI Introduces Next-Generation Agras Spray Drones for Precision Farming [Электронный ресурс] // Unmanned Systems Technology. — 2024. — URL: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2025/07/dji-introduces-next-generation-agras-spray-drones-for-precision-farming> (дата обращения: 10.04.2026).

2. DJI Agras T50: официальная техническая документация [Электронный ресурс] // DJI Agriculture. — 2025. — URL: <https://agras.bg/en/products/agras-t50> (дата обращения: 10.04.2026).

3. Дроны в сельском хозяйстве 2026: свежее исследование рынка и опыт мониторинга полей [Электронный ресурс] // Агроинвестор. — 2026. — URL: <https://wheelies.ru/blog/the-russian-market-for-agricultural-uavs-in-2026-demand-maturity-application-scenarios-and-customer-requirements> (дата обращения: 10.04.2026).

4. Беспилотные технологии в сельском хозяйстве России: курс на стандартизацию и рост [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации : официальный сайт. — 2025. — URL: <https://dronus.ru/news/bespilotnye-tehnologii-v-selskom-hozyajstve-rossii-kurs-na-standartizatsiyu> (дата обращения: 10.04.2026).

5. Опрыскиватели [Электронный ресурс] // VinogradGid.ru : технический справочник по применению гербицидов. — URL: <https://vinogradgid.ru/plodovo-yagodnyj-sad/opryskivately.html> (дата обращения: 10.04.2026).

6. Чертежи графиков эксплуатации МТП и план механизированных работ [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная техника : справочник. — 2020. — URL: <https://chertegrf.ru/chertezhi-tekhnicheskoe-obsluzhivanie-i-remont/m-tp/chertezhi-grafikov-ekspluatatsii-mtp.html> (дата обращения: 10.04.2026).

7. Данные полевых испытаний в КФХ Лизина (Боханский район) [Электронный ресурс] // Отчёт иркутского филиала ФГБУ «Россельхозцентр». — 2025. — URL: <https://rosselhocenter.com/report/kfh-lizina-2025> (дата обращения: 10.04.2026).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

DJI Agras T50: официальная техническая документация [Электронный ресурс] // DJI Agriculture. — 2025. — URL: <https://agras.bg/en/products/agras-t50> (дата обращения: 10.04.2026).

DJI Introduces Next-Generation Agras Spray Drones for Precision Farming [Электронный ресурс] // Unmanned Systems Technology. — 2024. — URL: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2025/07/dji-introduces-next-generation-agras-spray-drones-for-precision-farming> (дата обращения: 10.04.2026).

Беспилотные технологии в сельском хозяйстве России: курс на стандартизацию и рост

[Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации : официальный сайт. — 2025. — URL: <https://dronus.ru/news/bespilotnye-tehnologii-v-selskom-hozyajstve-rossii-kurs-na-standartizatsiyu> (дата обращения: 10.04.2026).

Данные полевых испытаний в КФХ Лизина (Боханский район) [Электронный ресурс] // Отчёт иркутского филиала ФГБУ «Россельхозцентр». — 2025. — URL: <https://rosselhocenter.com/report/kfh-lizina-2025> (дата обращения: 10.04.2026).

Дроны в сельском хозяйстве 2026: свежее исследование рынка и опыт мониторинга полей [Электронный ресурс] // Агроинвестор. — 2026. — URL: <https://wheelies.ru/blog/the-russian-market-for-agricultural-uavs-in-2026-demand-maturity-application-scenarios-and-customer-requirements> (дата обращения: 10.04.2026).

Опрыскиватели [Электронный ресурс] // VinogradGid.ru : технический справочник по применению гербицидов. — URL: <https://vinogradgid.ru/plodovo-yagodnyj-sad/opryskivately.html> (дата обращения: 10.04.2026).

Чертежи графиков эксплуатации МТП и план механизированных работ [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная техника : справочник. — 2020. — URL: <https://chertegrf.ru/chertezhi-tekhnicheskoe-obsluzhivanie-i-remont/m-tp/chertezhi-grafikov-ekspluatatsii-mtp.html> (дата обращения: 10.04.2026).

Comparative analysis of the use of unmanned aerial systems and traditional agricultural methods in terms of their economic efficiency and production risks

© Zakharova D., Klyueva A., Mekhonoshina E., 2026

This article presents a comparative analysis of the use of unmanned aerial systems (UAS) and traditional human labor in agriculture in terms of economic efficiency and production risk levels. Based on official technical specifications and scientific publications, the authors assessed five metrics: productivity, resource consumption, operating costs, payback, and production risk analysis (technological, weather, toxicological, human, and technological). After calculating the costs of cultivating a 1,000-hectare agricultural enterprise, the authors formulated recommendations for agricultural producers choosing between drones and traditional ground-based equipment, depending on the scale of the farm.

Keywords: unmanned aircraft systems, agricultural drones, economic efficiency, risk reduction, precision agriculture, comparative analysis, operating costs, equipment payback period