

УДК 004.383.8

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ДРОНОВ В АПК

**Алина Романовна Черных**

студент

alinacernyh4@gmail.com

**Наталья Евгеньевна Макова**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

nemakova@mail.ru

**Наталья Викторовна Картечина**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

kartechnatali@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Современный агропромышленный комплекс (АПК) переживает трансформацию, движимую цифровизацией и интеллектуализацией всех процессов. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА, дроны), перестают быть узкоспециализированным инструментом, превращаясь в универсальный компонент производственной инфраструктуры. Их уникальная способность оперативно и безопасно собирать данные, осуществлять мониторинг и выполнять задачи в труднодоступных или опасных зонах открывает новые пути для радикального повышения эффективности, снижения затрат и минимизации рисков. Дроны предлагают ответ на ряд ключевых вызовов. В статье проанализированы текущие тренды, потенциальные возможности и системные ограничения интеграции дронов в современное сельское хозяйство.

**Ключевые слова:** БПЛА, БАС, промышленные дроны, дроны в АПК, искусственный интеллект.

Динамичное развитие применения БПЛА в аграрной сфере является результатом конвергенции нескольких технологических прорывов. Во-первых, произошла миниатюризация и удешевление высокоточных сенсоров: тепловизоров, лидаров, гиперспектральных и газоаналитических камер. Это позволило дронам выйти за рамки визуального осмотра к диагностике обнаружению утечек газов, анализу состояния материалов или оценке здоровья посевов. Во-вторых, алгоритмы искусственного интеллекта и машинного зрения научились автоматически анализировать собранные данные, выделяя трещины, коррозию или отклонения от нормы, и формировать структурированные отчеты.

Цель данного исследования - провести комплексный анализ потенциала, ключевых направлений развития и системных ограничений на пути интеграции дронов в АПК.

Промышленные дроны, или беспилотные авиационные системы (БАС), представляют собой сложные киберфизические комплексы, объединяющие летательную платформу, системы управления, навигации, целевое оборудование и наземную инфраструктуру обработки данных. Их отличие от потребительских моделей заключается в ориентированности на решение конкретных бизнес-задач, что предъявляет повышенные требования к надежности, точности, функциональности и интеграции в корпоративные информационные системы. В основе классификации промышленных дронов лежит тип конструкции и принцип полета, определяющие их сильные стороны и сферы оптимального применения. Наиболее распространенной в промышленности является мультироторная схема (мультикоптеры, квадрокоптеры). Их ключевое преимущество: вертикальный взлет и посадка, а также способность зависать в заданной точке, что незаменимо для детального осмотра сложных конструкций, фасадов зданий или технологического оборудования. Однако эта конструкция энергозатратна, что ограничивает время полета и полезную нагрузку. Компромисс между маневренностью и продолжительностью полета активно развиваются гибридные дроны,

объединяющие вертикальный взлет мультикоптера с эффективным горизонтальным полетом самолета [1].

Ключевые компоненты современного промышленного дрона образуют единую технологическую цепочку, определяющую его возможности. Сердцем системы управления является автопилот бортовой компьютер, отвечающий за стабилизацию полета и выполнение заданной миссии. Сегодняшние автопилоты способны работать не только по заранее загруженному маршруту, но и адаптироваться к обстановке благодаря системам технического зрения. Навигация, как правило, основана на спутниковых системах (GPS, ГЛОНАСС, BeiDou), дополненных инерциальными измерительными блоками (IMU) для работы в условиях кратковременной потери спутникового сигнала. Для автономных полетов в помещениях, тоннелях или вблизи препятствий используются альтернативные и резервные системы: оптический поток (сравнение последовательных изображений с камеры), ультразвуковые датчики и, наиболее перспективно, лидары (лазерные сканеры), строящие трехмерную карту окружающего пространства в реальном времени. Сенсорная нагрузка, или полезная нагрузка (payload), является смысловым ядром промышленного дрона, напрямую определяя решаемую задачу. Это могут быть визуальные камеры высокого разрешения для фотограмметрии и создания ортофотопланов и 3D-моделей; тепловизоры для выявления перегревов электрооборудования, утечек тепла в зданиях или поиска живых существ; мультиспектральные и гиперспектральные камеры для анализа состояния растительности в сельском хозяйстве или выявления загрязнений; лидары для построения высокоточных цифровых моделей рельефа и объектов в любых условиях освещенности; газоанализаторы для мониторинга выбросов на промышленных предприятиях; а также модули для радиационного контроля или даже манипуляторы для выполнения простых физических действий. Передача данных осуществляется по радиоканалу в специализированных диапазонах, при этом для стабильной трансляции видео высокого разрешения на большие расстояния все чаще используются технологии цифрового сигнала. Для полетов за пределами

видимости оператора применяются системы передачи данных через сотовые сети 4G/5G или спутниковую связь [2].

Эффективное внедрение дронов в АПК невозможно вне правового поля. Регулирование использования БАС является сложной и динамично развивающейся областью, где необходимо сбалансировать безопасность воздушного движения, защиту частной жизни и стимулирование инноваций. В России ключевым регулятором выступает Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация). Основными нормативными документами являются Воздушный кодекс РФ и Федеральные правила использования воздушного пространства. Для законных полетов оператор дрона массой более 250 граммов обязан зарегистрировать аппарат, получить свидетельство внешнего пилота, а при полетах в населенных пунктах или вблизи инфраструктурных объектов согласовать план полета.

Современный рынок промышленных дронов представляет собой динамичную экосистему с четким разделением ролей. На стороне производителей аппаратных платформ доминируют несколько крупных игроков, прежде всего китайская компания DJI с ее линейками Matrice и Mavic Enterprise, предлагающими комплексные готовые решения. Однако в специализированных нишах, таких как газоаналитика или тяжелые грузоперевозки, успешно работают более узкоспециализированные компании (например, американские Skydio, сфокусированная на автономности, или SwissDrones, производящая вертолетные БПЛА для тяжелых нагрузок). Российский рынок представлен такими разработчиками, как «Геоскан», «Кронштадт» и «Zala Aero», чьи продукты часто ориентированы на задачи государственного мониторинга и импортозамещения. Второй ключевой сегмент рынка - это компании-операторы и интеграторы, которые не просто продают дроны, а предлагают конечные услуги: аэрофотосъемку, инспекцию, построение 3D-моделей. Именно они адаптируют технологию под конкретные бизнес-процессы заказчика. Третье важное звено - это разработчики

программного обеспечения для планирования полетов, обработки данных (Pix4D, Agisoft Metashape, DroneDeploy) и специализированного анализа [3].

Будущее агропромышленного применения дронов определяется не столько совершенствованием самих летательных платформ, сколько глубиной их интеграции в цифровую экосистему предприятия и уровнем интеллектуальной автономии. Ключевым трендом, кардинально расширяющим сферу их использования, является развитие полноценной автономности, выходящей за рамки простого следования по заранее заданному GPS-маршруту. Речь идет о создании систем, способных самостоятельно принимать решения в динамично меняющейся среде. Это обеспечивается прогрессом в области машинного зрения и искусственного интеллекта [4].

Алгоритмы на основе нейронных сетей позволяют дрону не просто «видеть», а распознавать и классифицировать объекты будь то препятствие в виде дерева или провода, конкретный тип технологического оборудования или маркер на складе. На этой основе строятся сложные системы навигации в условиях отсутствия или нестабильности GPS-сигнала внутри цехов, ангаров, между высотными зданиями или в горной местности. Дрон учится ориентироваться по визуальным ориентирам, создавая и обновляя карту пространства в реальном времени. Следующей ступенью автономии становится технология роя, когда группа дронов координирует свои действия для выполнения единой задачи. Это может быть совместное обследование огромной площади с разделением зон ответственности, построение детальной 3D-модели крупного объекта с разных ракурсов одновременно или даже кооперативная переноска грузов. Управление таким роем осуществляется не каждым аппаратом по отдельности, а централизованно, через алгоритмы, предотвращающие столкновения и оптимизирующие общий маршрут.

Параллельно расширяется функциональность дронов от пассивного наблюдения к активному взаимодействию с физическим миром. Появление дронов-манипуляторов открывает перспективу для дистанционного выполнения простых ремонтных и сервисных операций. Например, аппарат

может зависнуть у опоры ЛЭП, захватить манипулятором и затянуть ослабший болт, очистить датчик или нанести метку. Это сокращает необходимость в подъеме человека на высоту для выполнения краткосрочных действий.

Другим перспективным направлением является глубокая интеграция с технологиями дополненной реальности (AR). Оператор, надевая AR-очки, может видеть в реальном времени видео с дрона, на которое наложена цифровая информация: схемы коммуникаций, исторические данные по предыдущим инспекциям, инструкции или подсказки от удаленного эксперта. Важнейшим драйвером расширения возможностей является развитие силовых установок. Ограниченное время полета на литий-полимерных батареях остается главным технологическим барьером. Решением видятся гибридные силовые установки, где электромоторы для полета питаются от генератора, работающего на бензине или газе, что в разы увеличивает продолжительность миссий. На горизонте коммерческое внедрение водородных топливных элементов, которые обеспечивают длительный полет с нулевыми вредными выбросами, что критически важно для экологического мониторинга и работы в закрытых пространствах.

Однако истинная трансформация происходит на уровне обработки данных. Трендом становится смещение анализа с наземных рабочих станций на самый край сети на сам борт дрона. Вместо того чтобы передавать терабайты необработанных изображений для последующей обработки, встроенные процессоры с ИИ-ускорением уже в полете могут выполнять первичный анализ: обнаруживать дефекты, классифицировать объекты, отбирать только релевантные кадры. Это резко снижает требования к пропускной способности каналов связи, ускоряет получение результата и позволяет дрону немедленно реагировать на обнаруженные аномалии [5].

Таким образом, дрон эволюционирует из устройства сбора данных в автономный аналитический узел, поставляющий в корпоративные системы (ERP, EAM) уже готовую структурированную информацию.

Несмотря на впечатляющий технологический прогресс и растущий перечень успешных кейсов, масштабное внедрение дронов в АПК сталкивается с комплексом существенных ограничений и порождает новые риски, требующие осмысленного управления. Технические барьеры остаются наиболее очевидным вызовом. Ограниченное время полета, определяемое емкостью современных аккумуляторов, сужает операционный радиус и требует тщательного планирования миссий или использования нескольких сменных батарей, что увеличивает стоимость и сложность работ. Грузоподъемность большинства многороторных платформ, оптимальных для инспекций, редко превышает несколько килограммов, что ограничивает спектр устанавливаемого оборудования или возможность использования дронов для транспортировки даже небольших, но тяжелых деталей [6].

Кроме того, отсутствие единых международных стандартов сертификации дронов, их бортового оборудования и программного обеспечения создает сложности для глобальных корпораций, стремящихся использовать унифицированные решения на своих предприятиях в разных странах. Вопросы страхования гражданской ответственности операторов БВС также недостаточно урегулированы, а в случае инцидента может возникнуть сложность в установлении вины между производителем, разработчиком программного обеспечения, оператором и службой управления воздушным движением.

С расширением парка подключенных к корпоративным сетям дронов на первый план выходят серьезные риски кибербезопасности. Беспилотные системы являются уязвимыми точками входа в цифровую инфраструктуру предприятия. Потенциальными угрозами являются перехват управления дроном, подмена или блокировка телеметрических данных, хищение конфиденциальной информации, собираемой в ходе облетов (например, детальные планы объектов АПК), и даже использование самого аппарата в качестве инструмента для физической атаки на критически важное оборудование. Защита требует комплексного подхода: шифрования каналов связи, аутентификации устройств, регулярного обновления программного

обеспечения для устранения уязвимостей и физической защиты данных на бортовых накопителях.

Социально-экономические последствия внедрения носят двойственный характер. С одной стороны, дроны повышают производительность, снижают травматизм, устраняя необходимость в опасном ручном труде на высоте или в загазованных зонах, и создают новые высококвалифицированные рабочие места для пилотов, аналитиков данных и технических специалистов по обслуживанию. С другой стороны, они способствуют автоматизации ряда рутинных функций, таких как визуальный осмотр или подсчет запасов, что может привести к сокращению спроса на соответствующие профессии, требуя программ переобучения персонала. Этический аспект, связанный с повсеместным наблюдением, также требует внимания. Постоянный мониторинг промышленных объектов неизбежно захватывает прилегающие территории, поднимая вопросы о праве на приватность работников и жителей близлежащих районов. Необходима разработка четких внутренних политик и, возможно, нормативных актов, регламентирующих сбор, хранение и использование видеоданных, полученных с дронов. Наконец, экономическая целесообразность внедрения для малых и средних предприятий может быть неочевидной из-за высоких первоначальных инвестиций в оборудование, лицензирование и обучение персонала. Таким образом, дальнейший прогресс зависит не только от инженеров, но и от законодателей, специалистов по кибербезопасности, социологов и экономистов, которым предстоит создать сбалансированную экосистему, минимизирующую риски и максимизирующую пользу от новой технологической реальности.

Проведенный анализ позволяет констатировать, что беспилотные летательные аппараты прочно утвердились в качестве одного из ключевых технологических драйверов трансформации современного АПК. Их эволюция от инструментов для любительской съемки до интеллектуальных промышленных платформ отражает общий тренд на цифровизацию и автоматизацию бизнес-процессов в рамках Индустрии 4.0. Дроны доказали

свою высокую эффективность в решении конкретных, затратных и часто опасных задач.

Перспективы развития отрасли определяются несколькими взаимосвязанными векторами. Технологический прогресс будет сфокусирован на преодолении ключевых ограничений: увеличения автономности за счет машинного зрения и ИИ, расширения функциональности через внедрение манипуляторов и интеграцию с дополненной реальностью, а также радикального повышения продолжительности полета благодаря гибридным силовым установкам и водородным топливным элементам.

### **Список литературы:**

1. Ющенко В.В. Анализ возможностей использования беспилотных летательных аппаратов в мониторинге и управлении агропромышленными процессами // Современные технологии и инновационные решения в области технических наук. Сборник научных статей. Москва, 2024. С. 140-143.

2. Максаков И.Е. Применение дронов и спутниковой съемки в агроэкологическом контроле // Региональные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. Пенза, 2025. С. 157-160.

3. Корпанов Р.В. Основные аспекты мониторинга агроэкосистем с помощью БПЛА сельскохозяйственного назначения // Защита растений от вредных организмов. Материалы XI международной научно-практической конференции. Краснодар, 2023. С. 203-206.

4. Макова Н.Е., Картечина Н.В., Никонорова Л.И., Пчелинцева Н.В. Изменчивость VUCA-мира как аспект преподавания IT-технологий // Наука и Образование. 2023. Т. 6. № 1.

5. Макова Н.Е. Формирование цифровых компетенций агроинженеров // Новые технологии в аграрном образовании. Материалы V Всероссийской

(национальной) научно-методической конференции с международным участием. Мичуринск-наукоград РФ, 2024. С. 201-206.

б. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии: учебник / В. Ф. Федоренко, В. И. Горшенин, К. А. Монаенков / Санкт-Петербург: Лань, 2022. 496 с.

**UDC 004.383.8**

**THE INFORMATION BASIS OF THE PROSPECTS FOR THE  
DEVELOPMENT OF DRONES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

**Alina R. Chernykh**

student

alinacernyh4@gmail.com

**Natalia Ev. Makova**

candidate of agricultural sciences, associate professor

nemakova@mail.ru

**Natalia V. Kartechina**

candidate of agricultural sciences, associate professor

kartechnatali@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The modern agro-industrial complex is undergoing a transformation driven by digitalization and intellectualization of all processes. Unmanned aerial vehicles (UAVs, drones) are no longer a highly specialized tool, becoming a universal component of the production infrastructure. Their unique ability to quickly and safely collect data, monitor, and perform tasks in hard-to-reach or dangerous areas opens up new ways to radically improve efficiency, reduce costs, and minimize risks. Drones offer an answer to a number of key challenges. The

article analyzes current trends, potential opportunities and system limitations of drone integration into modern agriculture.

**Keywords:** UAVs, UAS, industrial drones, drones in agriculture, artificial intelligence.

Статья поступила в редакцию 25.02.2026; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 31.03.2026.

The article was submitted 25.02.2026; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 31.03.2026.