

УДК 338.43

DOI: 10.24412/1998-5533-2026-2-148-153

© Хоменко В.В., Хайруллин И.Р., Дегтярев А.Г., Стариков А.Л., 2026

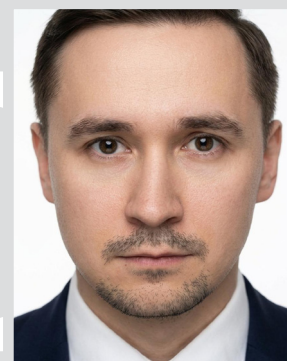
**Беспилотные авиационные системы в агропромышленном комплексе:
анализ и перспективные сценарии применения для Республики Татарстан**



Хоменко Вадим Васильевич

Доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент
Академии наук Республики Татарстан

(420111, г. Казань, ул. Баумана, 20; e-mail: ispnecon@mail.ru;
ScopusID: 57202282498)



Хайруллин Ильнур Радикович

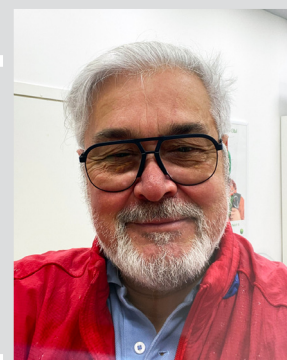
Генеральный директор ООО «Софт-Юниверс Лабс»
(420074, Казань, ул. Петербургская, д. 52, оф. 301; i@agrobotast.ru)



Дегтярев Андрей Геннадьевич

Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник института прикладных исследований
Академии наук Республики Татарстан

(420111, г. Казань, ул. Баумана, 20; e-mail: degt612@gmail.com;
ORCID: 0009-0008-3451-9974)



Стариков Андрей Леонидович

Научный сотрудник института прикладных исследований
Академии наук Республики Татарстан

(420111, г. Казань, ул. Баумана, 20; e-mail: a_starr@mail.ru;
ORCID: 0009-0008-0738-1279)

Цель исследования заключается в анализе текущего состояния и перспектив применения беспилотных авиационных систем (БАС) в агропромышленном комплексе Республики Татарстан, а также в разработке сценариев их внедрения и применения для повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью цифровой трансформации АПК и решения системных проблем отрасли, включая старение материально-технической базы, дефицит квалифицированных кадров и снижение рентабельности производства.

Основные результаты исследования демонстрируют значительный потенциал применения БАС в АПК, включая существенную экономию на горюче-смазочных материалах и средствах за-

щиты растений, повышение урожайности за счет точечного мониторинга и обработки полей, снижение негативного воздействия на почву.

Практическая значимость работы заключается в разработке двух сценариев внедрения БАС: модели сервисного обслуживания и формирования полноценной региональной экосистемы «БАС-АПК». Предложенные решения позволяют оптимизировать производственные процессы, повысить эффективность использования техники и снизить операционные затраты.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, Республика Татарстан, цифровая трансформация, точное земледелие, агродроны

Для цитирования: Хоменко В.В., Хайруллин И.Р., Дегтярев А.Г., Стариков А.Л. Беспилотные авиационные системы в агропромышленном комплексе: анализ и перспективные сценарии применения для Республики Татарстан // Вестник экономики, права и социологии. 2026. № 2. С. 148–153. DOI: 10.24412/1998-5533-2026-2-148-153.

Современный агропромышленный комплекс (АПК) находится на этапе глубоких системных преобразований, движущей силой которых является необходимость повышения эффективности и устойчивости производства. В условиях глобальных вызовов, таких как продовольственная безопасность, изменение климата, деградация почв и дефицит трудовых ресурсов, внедрение высокоточных и роботизированных систем перестает быть вопросом инноваций, превращаясь в стратегическую необходимость. России предстоит форсированно решать эту задачу, учитывая, что объем российского рынка БАС и услуг составляет менее 1 % мирового рынка.

Запуск национального проекта «Беспилотные авиационные системы» (БАС) в 2024 г., направленного на создание региональных центров разработки, испытаний и серийного производства, свидетельствует о государственной поддержке отрасли [1]. Начинается серийное производство отечественных агродронов, что создает прочную технологическую базу для их масштабного внедрения. Одним из приоритетных направлений использования БАС является сельское хозяйство. Республика Татарстан, являясь одним из лидеров АПК в России, выступает в авангарде этого процесса, что делает ее идеальным объектом для детального исследования различных функциональных направлений использования БАС.

Агропромышленный комплекс Республики Татарстан является одним из наиболее развитых в Российской Федерации. Регион входит в пятерку лидеров по объему валовой продукции сельского хозяйства и занимает первое место в Приволжском федеральном округе. При этом, имея всего 2 % сельскохозяйственных угодий страны, Татарстан производит 3,5 % общероссийской сельскохозяйственной продукции, что подчеркивает его высокую эффективность. Однако, несмотря на эти достижения, регион сталкивается с рядом системных вызовов, которые могут угрожать устойчивости его развития.

Согласно «Стратегии развития агропромышленного комплекса Республики Татарстан до 2030 года» [2], в случае сохранения текущих тенденций доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте может снизиться до 3 % к 2030 г. Важно отметить, что данный прогноз обусловлен не стагнацией отрасли, а опережающими темпами роста промышленного сектора в валовом региональном продукте региона. Хотя агропромышленный комплекс продолжает расти, его относительная доля корректируется на фоне общей индустриализации. Действительные риски связаны с устареванием материально-технической базы и дефицитом квалифицированных кадров. За период с 2018 по 2023 гг. произошло абсолютное и относительное сокращение машинно-тракторного парка: количество тракторов уменьшилось на 9,2 %, а сеялок – на 18,7 %. В 2025 г. 60 % машин эксплуатировалось за пределами сроков амортизации, а закупки новых упали на 40 % [2]. Это не только замедляет темпы обновления техники, но и приводит к росту эксплуатационных расходов.

В дополнение к материальным проблемам регион испытывает серьезный дефицит трудовых ресурсов. Численность работников в АПК сократилась на 23 % за пять лет. Отмечается нехватка агрономов (обеспеченность 87 %), зоотехников (обеспеченность 91 %) и ветеринаров (обеспеченность 90 %). Среднемесячная заработная плата в сельском хозяйстве, составляющая 48 223,7 руб., значительно ниже средней по экономике Татарстана (78 % от среднего уровня) и Российской Федерации (88 % от среднего уровня) [2]. Это делает отрасль менее привлекательной для молодых специалистов и усугубляет кадровую проблему.

В контексте обозначенных вызовов интеграция БАС выступает не как отдельная технологическая новация, а как фундаментальный инструмент системного преодоления сформировавшихся отраслевых противоречий. Широкое применение средств автоматизации и роботизации позволяет нивелиро-

вать дефицит кадровых ресурсов и обеспечить рост интенсификации производства. Кроме того, качественная трансформация технологического уклада способствует повышению репутационного статуса аграрной отрасли, формируя необходимые условия для привлечения высококвалифицированных специалистов. Этот подход согласуется с ключевыми задачами «Стратегии развития АПК РФ до 2030 года», которые включают повышение эффективности на основе внедрения передовых технологий и инноваций, а также цифровизацию деятельности.

В агропромышленном комплексе используются специализированные БАС, часто называемые «агродронами», которые создают новый класс беспилотных систем для сельскохозяйственного назначения (БАС СХН). Эти системы позволяют автоматизировать ряд операций, ранее выполняемых человеком или пилотируемой авиацией.

Основными направлениями применения БАС в растениеводстве являются:

1. *Мониторинг.* БАС используются для обследования земель и оценки состояния культур на всех стадиях вегетации. С помощью мультиспектральных камер и вычисления нормализованного вегетационного индекса *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)* можно выявлять проблемные участки, прогнозировать урожайность и планировать мероприятия.

2. *Внесение средств защиты растений (СЗР).* Агродроны позволяют осуществлять сплошную или точечную обработку полей. Ключевым преимуществом является ультрамалообъемное опрыскивание (УМО) с нормой расхода рабочей жидкости 5–25 л/га, что существенно снижает химическую нагрузку на почву.

3. *Биологические методы защиты.* Агродроны могут использоваться для внесения энтомофагов (например, трихограммы или габробракона), которые являются естественными врагами вредителей. Это экологически безопасный метод, который эффективно снижает численность вредителей.

4. *Реализация посевных работ и распределение минеральных компонентов.* Использование БАС со специализированными дозирующими устройствами (форсунками) позволяет осуществлять высокоточный высев и дифференцированное внесение удобрений.

Интеграция беспилотных систем выступает фундаментальным фактором экологической трансформации аграрного сектора и расширения практики органического земледелия. Применение данных аппаратов нивелирует проблему механической деградации (переуплотнения) почвенного покрова, поскольку исключает необходимость передвижения тяжеловесных наземных технических средств по территории угодий, тем самым пролонгируя сохранность естественной архитектоники и аэрационных

характеристик грунта. В свою очередь, технология ультрамалообъемного опрыскивания детерминирует существенную оптимизацию ресурсной интенсивности, значительно снижая объемы используемых химических препаратов. Это минимизирует антропогенную нагрузку на биогеоценозы и создает условия для производства продукции, соответствующей высоким стандартам экологической чистоты.

В целях оптимизации административно-регуляторного контроля над эксплуатацией БАС в отрасли представляется необходимым формирование унифицированной региональной системы классификации аппаратов. Данный инструмент должен обеспечивать строгую систематизацию технических средств, базирующуюся на их конструктивных типах, функциональных векторах применения и специфике реализуемых технологических задач.

По типу конструкции беспилотные воздушные суда (БВС), используемые в сельском хозяйстве, можно разделить на:

- самолетный тип – имеет жесткое крыло и высокие аэродинамические показатели, что позволяет ему облетать большие территории. Используется преимущественно для мониторинга;

- мультироторный тип – имеет от двух пропеллеров, может зависать в воздухе и эффективно работать на небольших участках;

- вертолетный тип – аналогичен мультироторному, но, как правило, имеет один основной и один рулевой винт;

- конвертоплан – гибридный тип, сочетающий преимущества самолетного (скорость) и мультироторного (вертикальный взлет и посадка) типов.

Эксплуатация БАС в Российской Федерации регулируется Воздушным кодексом РФ, федеральными законами, постановлениями и правилами. Ключевыми требованиями являются:

- обязательный учет (гражданские БВС с максимальной взлетной массой от 0,15 кг до 30 кг подлежат обязательному государственному учету, а с массой свыше 30 кг – государственной регистрации);

- разрешение на использование воздушного пространства (ИВП) (все полеты должны осуществляться на основании разрешения, которое выдается Зональным центром Единой системы организации воздушного движения);

- квалифицированный персонал (для эксплуатации БВС массой более 30 кг требуется свидетельство внешнего пилота) [5].

Вопреки существующим механизмам государственного стимулирования сектора, текущая регуляторная среда характеризуется наличием ряда административных ограничений. В частности, процедурная сложность санкционирования полетных заданий и высокие требования к профессиональным компетенциям персонала формируют специфические институциональные барьеры. Данные обсто-

ательства определяют современную конъюнктуру рынка, в которой приоритетной стратегией становится не приобретение технических средств субъектами агробизнеса, а переход к модели аутсорсинга услуг профильных сервисных операторов. Подобный алгоритм взаимодействия позволяет аграрным предприятиям интегрировать инновационные решения, минимизируя при этом объем капитальных вложений и нивелируя организационные трудности, сопряженные с техническим содержанием и непосредственным оперированием БАС.

Внедрение БАС в АПК не просто заменяет устаревающую технику, а создает синергетический эффект, который выражается в росте производительности, сокращении затрат и повышении экологической безопасности [3].

Результаты проведенного анализа позволяют утверждать, что положительный экономический эффект от эксплуатации БАС определяется совокупностью нескольких ключевых аспектов. В частности, формирование добавленной стоимости обусловлено оптимизацией удельных расходов ГСМ и сырьевых ресурсов в сочетании со значительным ростом точности реализации технологических операций. За счет точечной обработки и ультрамалообъемного опрыскивания снижается пестицидная нагрузка на почву (см. табл. 1). Это не только повышает экономическую эффективность, но и соответствует целям экологической устойчивости, изложенным в Климатической доктрине Российской Федерации [4].

На текущий момент для реализации стратегии по интеграции БАС в структуру АПК Республики Татарстан целесообразно выделить два сценария развития отрасли.

Сценарий 1. Концепция сервисного обслуживания и частичной интеграции. Данная стратегия базируется на принципах эволюционной модели интеграции БАС в производственные циклы. Доминирующим механизмом взаимодействия выступает аутсорсинг услуг сторонних специализированных организаций (эксплуатантов), обладающих необходимой материально-технической базой и квалифицированным штатом специалистов.

В рамках указанной модели применение БАС ограничивается решением прецизионных и локальных задач, характеризующихся максимальной эффективностью беспилотных решений – например, проведением работ на участках со сложным рельефом или ограниченной доступностью. Реализация подобного подхода обеспечивает субъектам агробизнеса возможность извлечения добавочной стоимости при полном отсутствии значительных капитальных вложений и минимизации административно-организационных обременений, обусловленных строгим соблюдением нормативно-правовых регламентов эксплуатации авиационной техники.

Согласно нашему прогнозу, реализация данного сценария позволит достичь целей по обновлению техники и переподготовке специалистов. Внедрение БАС даст ощутимый эффект, но не приведет к кардинальным изменениям в структуре производства. Рост эффективности будет наблюдаться на отдельных участках, а не во всей отрасли.

Сценарий 2. Формирование региональной экосистемы «БАС-АПК». Данный вектор развития предполагает проведение комплексной институциональной и технологической трансформации всей структуры АПК, обеспечивающей системный переход отрасли на новый качественный уровень. Он направлен на достижение целевого показателя по росту доли АПК в ВРП до 5,0 % к 2030 г.

Механизм реализации предполагает интеграцию следующих элементов:

– Развитие специализированного кластера и научно-производственного центра. Формирование замкнутого цикла проектирования и функционирования БАС, охватывающего стадии от конструкторской разработки и массового производства отечественных агродронов (в рамках исполнения Национального проекта) до этапов проведения эксплуатационных испытаний, верификации соответствия (сертификации) и последующего технического сопровождения. Подобная ини-

Сравнительная эффективность БАС, наземной и пилотируемой авиации

Таблица 1

Показатель	Наземная техника	Пилотируемая авиация	Беспилотные авиационные системы
Производительность	Средняя	Высокая (для больших полей)	Средняя (высокая для небольших и сложных полей)
Расход ГСМ	Высокий	Очень высокий	Низкий
Уплотнение почвы	Высокое	Отсутствует	Отсутствует
Условия работы	Зависит от влажности почвы	Зависит от погодных условий и наличия аэродромов	Менее зависим, может работать на переувлажненной почве через 2–3 часа после дождя
Точность обработки	Средняя	Низкая	Высокая (до сантиметра)
Риски для персонала	Средние	Высокие (авиационные аварии)	Низкие (отсутствие человека на борту)
Экологичность	Средняя	Низкая (высокие нормы распыления)	Высокая (точечная обработка, УМО)

циатива обеспечит Республике Татарстан статус флагманского центра компетенций в сфере инновационных агротехнологий в БАС.

– Проектирование региональной цифровой платформы. Создание унифицированной информационной среды направлено на обеспечение агрегации и синтеза данных, поступающих от беспилотных аппаратов, орбитальных группировок, метеорологических станций и иных сенсорных систем. Функционирование данной платформы позволит субъектам хозяйствования осуществлять оперативный мониторинг агрофитосанитарного состояния угодий, проводить оценку вероятности возникновения экономических и климатических угроз, а также реализовывать предиктивное управление для максимизации эффективности производственных циклов.

– Модернизация образовательной парадигмы и реализация профильной подготовки в рамках предметной системы обучения, начиная с агроклассов и заканчивая высшим учебным заведением. Формирование кадрового резерва включает стимулирование процессов обучения и повышения квалификации специалистов, в том числе по квалификациям «внешний пилот» и аналитик больших данных. Системный подход к обучению позволит достичь установленного индикатора – обеспечения доли подготовленного персонала на уровне 50 %, что создаст необходимый интеллектуальный капитал для устойчивого функционирования формирующейся высокотехнологичной отрасли.

Реализация данного сценария позволит оптимизировать работу наземной техники и частично заменить пилотируемую авиацию на агрохимических работах. Этот сценарий не только решит текущие проблемы, но и укрепит позиции Республики Татарстан как одного из ведущих аграрных регионов страны, обеспечив его конкурентоспособность в долгосрочной перспективе, а также позволит реализовать значительную часть показателей Стратегии развития АПК РТ до 2030 г. (табл. 2).

Внедрение беспилотных авиационных систем в агропромышленном комплексе РТ является не просто технологическим решением, а стратегическим шагом для преодоления системных вызовов, с которыми сталкивается отрасль. Анализ показывает, что БАС не только экономически эффективны и производительны, но и обеспечивают экологическую безопасность и снижают риски для персонала.

Интеграция БАС позволяет обеспечить системное преодоление ряда факторов, сдерживающих развитие АПК: от морального износа технического парка и нехватки квалифицированного персонала до падения уровня рентабельности и продуктивности растениеводства. Экономический эффект реализации данной

технологии обусловлен оптимизацией удельного расхода ГСМ, минимизацией издержек на материальные ресурсы и существенным сокращением потерь сельскохозяйственных культур.

Беспилотные авиационные системы демонстрируют высокую эксплуатационную эффективность в специфических условиях, накладывающих ограничения на применение традиционной наземной техники или пилотируемых воздушных судов. В свою очередь, положения «Стратегии развития АПК РТ до 2030 г.» определяют конкретные ориентиры в области цифровой трансформации и формирования кадрового потенциала, что выступает институциональным фундаментом для широкомасштабной инкорпорации БАС в отраслевую структуру.

Необходимо подчеркнуть, что суммарная эффективность эксплуатации БАС находится в прямой зависимости от поддержания оптимального баланса между издержками на производство технических средств и масштабами сервисного обслуживания. Согласно результатам отраслевого анализа, в структуре глобального рынка беспилотной авиации порядка 80 % добавленной стоимости генерируется в сегменте оказания услуг. На долю сопряженных направлений – производства аппаратных комплексов, компонентов и разработки специализированного программного обеспечения – приходится лишь около 20 % рыночного объема.

В рамках реализации федеральной политики поддержки высоких технологий проект научно-производственного центра беспилотных авиационных систем (НПЦ БАС) в Республике Татарстан был

Таблица 2
Целевые показатели Стратегии развития АПК РТ до 2030 г. и их взаимосвязь с внедрением БАС

Целевой показатель к 2030 г.	Взаимосвязь с внедрением БАС
Индекс производства продукции АПК – 132,4 %	Прямая связь. Повышение урожайности за счет точечной обработки и снижения потерь урожая
Доля АПК в ВРП – 5,0 %	Косвенная связь. Рост рентабельности и снижение затрат делают отрасль более привлекательной для инвестиций, увеличивая ее вклад в экономику
Рентабельность сельскохозяйственных организаций – 25,0 %	Прямая связь. Подразумевается рентабельность производства сельхозпродукции, достигаемая за счет снижения себестоимости (экономия ГСМ, СЗР и удобрений) и минимизации потерь урожая
Обновление самоходной техники – 10,0 %	Косвенная связь. БАС не заменяют полностью наземную технику, но оптимизируют ее использование, позволяя сократить нагрузку на старую технику и сосредоточиться на приобретении новых, высокотехнологичных агрегатов
Доля специалистов, прошедших переподготовку по цифровым технологиям – 50,0 %	Прямая связь. Целевой показатель, который является ключевой метрикой готовности к внедрению БАС и сопутствующих цифровых платформ

включен в программу субсидирования. В 2026 г. совокупный объем финансирования составит 2,02 млрд руб. (из которых 1,47 млрд руб. – средства федерального бюджета, а 550 млн руб. – региональные ассигнования). Экстраполяция мировых рыночных пропорций на данный объем инвестиций позволяет нам прогнозировать рост рынка сервисных услуг БАС на уровне 8,08 млрд руб., при этом доля аграрного сектора в данном сегменте должна, по нашему мнению, оцениваться в 0,7 млрд руб.

При анализе операционных затрат установлено, что удельная себестоимость обработки угодий с применением беспилотных систем (без учета стоимости расходных агрохимикатов) составляет около 600 руб. на 1 га. С учетом технологического цикла, включающего трехкратную обработку, суммарные издержки достигают 1800 руб. на 1 га. Исходя из этих параметров, потенциальная площадь покрытия может составить 388 млн га при общей площади пашни в Республике Татарстан порядка 3,4 млн га. Для сравнения: в период, предшествующий началу СВО, объем работ с применением беспилотных систем охватывал немногим более 25 тыс. га, что соответствует лишь 2 % от расчетного потенциала внедрения БПЛА.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что институциональное формирование развитого рынка сервисных услуг на базе передовых электронно-вычислительных технологий является приоритетным вектором интенсификации отрасли БАС в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

Литература:

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21.06.2023 № 1630-р «Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года» // Правительство Российской Федерации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202306280006>
2. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 06.09.2024 № 733 «Об утверждении Стратегии развития агропромышленного комплекса Республики Татарстан до 2030 года» // Официальный портал правовой информации Республики Татарстан. URL: https://pravo.tatarstan.ru/npa_kabmin/post/?npa_id=1460691
3. Использование беспилотных авиационных систем в растениеводстве: метод. рек. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 100 с.
4. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2023 № 812 «Климатическая доктрина Российской Федерации». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49910>
5. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 02.10.2025 № 313 «О внесении изменений в приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 10 февраля 2014 г. № 32 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Требования, предъявляемые к оформлению и форме свидетельств авиационного персонала гражданской авиации» // Правительство Российской Федерации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202512050007>

Unmanned Aerial Systems in the Agro-Industrial Complex: Analysis and Promising Application Scenarios for the Republic of Tatarstan

**Vadim Vasilievich Khomenko¹, Ilnur Radikovich Khairullin²,
Andrey Gennadievich Degtyarev¹, Andrey Leonidovich Starikov¹**

¹Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (Kazan, Russia)

²Soft-Universe Labs, LLC (Kazan, Russia)

This study analyzes the status and prospects for the use of unmanned aerial systems (UAS) in the agro-industrial complex (AIC) of the Republic of Tatarstan. The relevance of this topic stems from the need for digital transformation of the region's agro-industrial complex (AIC) to address systemic challenges, including aging equipment, labor shortages, and declining profitability. The paper presents comparative data demonstrating that the use of UAS provides significant savings on fuel, lubricants, and crop protection products, as well as increases crop yields through rapid and targeted field monitoring and treatment. Particular attention is paid to promising scenarios for UAS implementation, from gradual integration through a service model to the creation of a full-fledged regional «UAS-AIC» ecosystem, which will help achieve the strategic development goals of the AIC of the Republic of Tatarstan through 2030. The study demonstrates that the systemic implementation of UAS is not simply a technological innovation, but a strategic decision capable of ensuring the long-term competitiveness and sustainability of the region's agricultural sector.

Keywords: unmanned aerial systems, agro-industrial complex, agriculture, the Republic of Tatarstan, digital transformation, precision farming, agricultural drones