

УДК 339.18

UDC 339.18

4.3.1. – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. – Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В ЦИФРОВОЙ ЛОГИСТИКЕ

THE USE OF UAVS IN DIGITAL LOGISTICS

^{1,2}Примаков Николай Владимирович
канд. сельхоз. наук, доцент ВАК
Web of Science Researcher ID ABD-8930-2021
РИНЦ SPIN-код: [1475-1077](https://eprints.vsu.ru/1475-1077)
nik-primakov@yandex.ru

^{1,2}Primakov Nikolay Vladimirovich
Cand.Agr.Sci., associate Professor of VAK
Web of Science Researcher ID ABD-8930-2021
RSCI SPIN code: [1475-1077](https://eprints.vsu.ru/1475-1077)
nik-primakov@yandex.ru

¹Дорошкова Софья Андреевна
студентка института ЦИФРЭК
sofydor@gmail.com

¹Doroshkova Sofya Andreevna
student
sofydor@gmail.com

¹Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

²Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

²Kuban State University, Krasnodar, Russia

Мировой рынок беспилотных летательных аппаратов в 2024 году составил 34,82 млрд. долларов, по прогнозам аналитиков в 2028 году этот показатель составит 61,08 млрд. долларов. В статье исследуется потенциал применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в цифровой логистике с акцентом на доставку грузов. Рассматриваются перспективы развития, экономическая эффективность и возможности сокращения производственных издержек, связанных с использованием дронов. Подчеркивается, что успешное внедрение данной технологии требует учета нормативно-правовой базы и обеспечения безопасности полетов БПЛА. Целью работы является комплексное изучение потенциала применения БПЛА в цифровой логистике. Для сравнения различных типов БПЛА, их достоинств и недостатков использовались общепринятые методики, SWOT анализ. Из рассмотренных дронов для цифровой логистики DJI Matrice 300 RTK наиболее предпочтителен благодаря широким возможностям интеграции, высокому качеству данных и продвинутым функциям автоматизации. Skydio 2+ может быть хорошим выбором для задач инспекции и мониторинга. Freefly Alta X подходит для специализированных задач, требующих высокой грузоподъемности и гибкости. SWOT-анализ показывает, что применение БПЛА в логистике имеет огромный потенциал, но требует учета рисков. Успешное внедрение дронов в логистические процессы зависит от комплексного подхода, включающего технологические инновации, адаптацию законодательства и обеспечение безопасности

The global market for unmanned aerial vehicles in 2024 amounted to \$34.82 billion, according to analysts' forecasts, this figure will amount to \$61.08 billion in 2028. The article explores the potential of using unmanned aerial vehicles (UAVs) in digital logistics with an emphasis on cargo delivery. The prospects for development, economic efficiency and the possibility of reducing production costs associated with the use of drones are considered. It is emphasized that the successful implementation of this technology requires consideration of the regulatory framework and ensuring the safety of UAV flights. The purpose of the work is a comprehensive study of the potential of UAV applications in digital logistics. Generally accepted methods and SWOT analysis were used to compare different types of UAVs, their advantages and disadvantages. Of the drones considered for digital logistics, the DJI Matrice 300 RTK is the most preferred due to its wide integration capabilities, high data quality and advanced automation functions. Skydio 2+ can be a good choice for inspection and monitoring tasks. The Freefly Alta X is suitable for specialized applications requiring high load capacity and flexibility. SWOT analysis shows that the use of UAVs in logistics has great potential, but requires taking risks into account. The successful implementation of drones in logistics processes depends on an integrated approach that includes technological innovation, legislative adaptation, and security

Ключевые слова: БПЛА, ЛОГИСТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКА, ТЕХНОЛОГИИ

Keywords: UAV, LOGISTICS, AUTOMATION, TRANSPORTATION, TECHNOLOGY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-211-021>

<http://ej.kubagro.ru/2025/07/pdf/21.pdf>

Введение. Мировой рынок беспилотных летательных аппаратов (далее - БПЛА) в 2024 году составил 34,82 млрд. долларов, по прогнозам аналитиков в 2028 году этот показатель составит 61,08 млрд. долларов. Широкое применение их в логистике обусловлено стремительным развитием технологий БПЛА и их внедрением в различные секторы экономики, в особенности в логистической отрасли. В условиях растущих требований к скорости, эффективности и снижению затрат, БПЛА предоставляют уникальные возможности для автоматизации ключевых логистических процессов, таких как доставка «последней мили», мониторинг состояния транспортной инфраструктуры, инвентаризация складских запасов и оптимизация маршрутов [4]. В условиях цифровой трансформации логистики, БПЛА выступают одним из ключевых инструментов повышения конкурентоспособности предприятий. Применение передовых разработок в области доставки грузов как средств механизации так и технологий отмечено в работах [1; 6-8]

История развития БПЛА насчитывает более столетия и берет свое начало в XIX веке с первых, зачатых теоретических, попыток создания автономных летательных аппаратов [2]. Значительный прогресс был, достигнут в XX веке благодаря разработке систем дистанционного управления, а также созданию первых автоматизированных летательных аппаратов, включая аэропланы, гидросамолеты и ракетноносцы. Важную роль в развитии БПЛА сыграли исследования и разработки, проводившиеся в СССР в 1930–1940-х гг, где создавались прототипы беспилотных летательных аппаратов для военных целей, в частности, около 20 различных моделей.

Целью работы является комплексное изучение потенциала применения БПЛА в цифровой логистике.

Методика и объекты исследования. На основании открытых данных представленных авторами и научными организациями, статистических

результатов проводился анализ преимуществ и проблем, связанных с интеграцией БПЛА в логистические процессы, включая технические, нормативно-правовые и экономические аспекты, SWOT анализ. Для сравнения различных типов БПЛА, их достоинств и недостатков использовались общепринятые методики.

Результаты исследований. Современный этап развития БПЛА характеризуется миниатюризацией, повышением автономности и расширением областей применения. В настоящее время, благодаря развитию технологий цифровой логистики, БПЛА находят все более широкое применение в коммерческих целях. Эффективность применения БПЛА в цифровой логистике представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Эффективность применения БПЛА в цифровой логистике

Применение	Преимущество	Эффективность
Доставка посылок и небольших грузов с помощью дронов	Доставка в труднодоступные или удаленные районы, что позволяет значительно сократить сроки доставки и снизить транспортные расходы.	по данным «Яндекс Доставки» доля доставки дронами может составить до 5% от общего объема в крупных городах к 2025 году.
Автоматизация инвентаризации складских помещений	Использование БПЛА повышает точность учета запасов и снижает трудозатраты	Автоматизация инвентаризации с помощью БПЛА позволяет сократить время проведения процедуры на 30-50%
Доставка грузов между различными городами России	Особенно доставка срочных или небольших партий товаров	Стоимость доставки небольшого груза дроном на 15-25% ниже, чем при использовании традиционных транспортных средств на короткие расстояния.
Мониторинг состояния транспортной инфраструктуры	Инспекция дорожной инфраструктуры включая дороги, мосты и железнодорожные пути, для своевременного выявления повреждений и предотвращения аварий	позволяет сократить затраты на проведение обследований на 20-30%
Оптимизацию логистических маршрутов	За счет сбора данных о дорожной обстановке и погодных условиях в режиме реального времени	Увеличение качества и эффективности доставки до 40%

Согласно данным представленным в таблице 1, можно утверждать, что инструменты использования БПЛА в цифровой логистике позволяют сделать процессы более эффективными по основным ключевым моментам их применения [3]. Использование БПЛА в логистике открывает широкие возможности для оптимизации процессов и получения значительных преимуществ. Можно выделить следующие: Экономическая выгода, повышение точности и снижение рисков, улучшение эффективности и скорости и другие.

Экономическая выгода внедрения БПЛА обусловлена тем, что данная технология позволяет существенно сократить операционные расходы. Затраты на топливо, обслуживание транспортных средств и оплату труда водителей и курьеров значительно снижаются, благодаря автоматизации доставки и оптимизации маршрутов. По предварительным оценкам, использование дронов для «последней мили» доставки может снизить расходы на доставку на 20-40%, а в отдельных случаях – и до 60%. В среднем, инвестиции в дроны для логистики окупаются в течение 2-3 лет.

Повышение точности и снижение рисков достигается автоматизацией процесса. Автоматизированный мониторинг складских запасов и инвентаризация товаров с помощью БПЛА минимизируют ошибки, связанные с человеческим фактором, повышая точность учета и снижая вероятность потерь. Внедрение систем инвентаризации на основе дронов может сократить количество ошибок на 5-10% по сравнению с традиционными методами, а точность инвентаризации может возрасти до 99%. Это позволяет избежать потерь, оцениваемых в среднем в 1-3% от общего объема складских запасов.

БПЛА способны оперативно выполнять задачи по инспекции и мониторингу транспортной инфраструктуры, а также контролировать текущее и нынешнее состояние объектов логистики. Все это влечет за

собой совершенствование уровня и степени результативности, а также изменение в большую сторону параметров и показателей скорости.

На этом фоне появляется возможность быстрого определения проблем, оптимизации операций в области логистики, а также сокращения временных затрат с точки зрения реагирования на те или иные ситуации.

Применение дронов для слежения за состоянием дорожного покрытия дает возможность проведения обследований в среднем вдвое быстрее по сравнению с применением традиционных методов. При этом сокращаются затраты на инспекцию на 25%.

В качестве примера стоит рассмотреть ситуацию с обследованием 10 км дорожного полотна классическими способами. Все это отнимает порядка 6 часов времени. Если же задействовать дрон, это время сократится до 2 часов.

Преимущество использования БПЛА относительно традиционных методов представлено на рисунке 1.

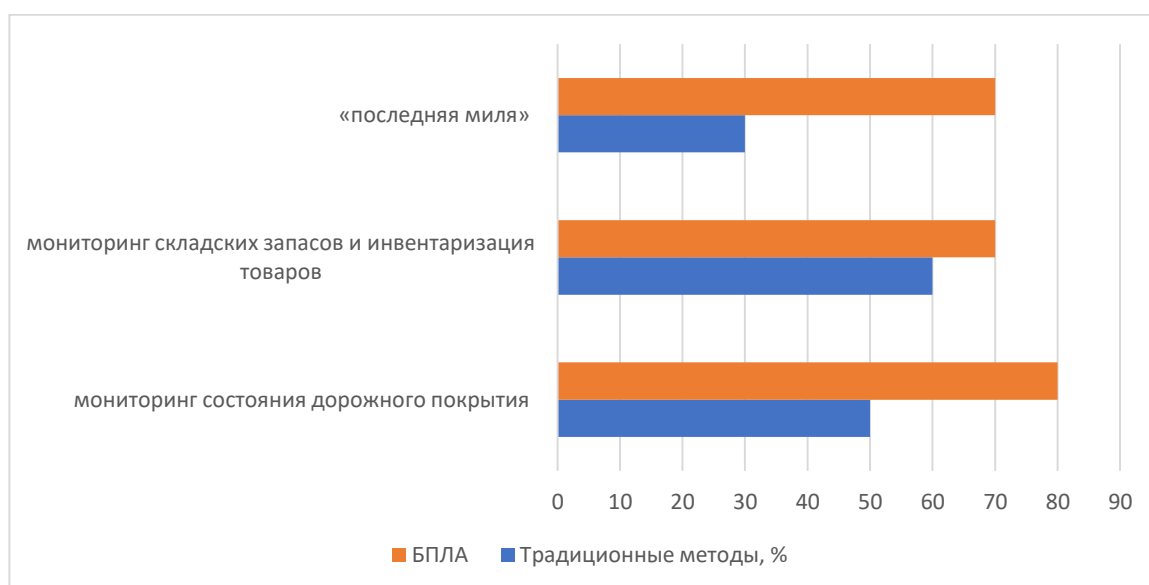


Рисунок 1 - Преимущество использования БПЛА относительно традиционных методов

На рисунке 1 на примере ряда определенных сфер и областей применения такой техники можно обнаружить преимущества ее задействования по сравнению с традиционными способами в рамках цифровой логистики.

Вместе с тем можно выделить ряд других достоинств в виде доступности мест, которые недоступны при задействовании других способов, оперативности, масштабируемости, сбора данных и пр.

В целом, интеграция БПЛА в процессы логистики открывает для предприятий возможности повышения конкурентоспособности и сокращения затрат, а также совершенствования уровня сервиса [4].

Невзирая на достоинства и обширное задействование такой техники в сегменте логистики, есть определенные проблемы и трудности в кругах потребителей.

В частности, их внедрение в логистику создает определенные перспективы в плане оптимизации и ускорения доставки, но также происходит сдерживание потенциала определенными вызовами:

- ограничения в плане законодательства;
- нормы безопасности;
- технические параметры.

Правовая база сегодня лишь подлежит разработке. Задействование дронов с камерами влечет за собой появление опасений в плане защиты данных персонального характера. С позиции безопасности можно столкнуться с прочими объектами.

Улаживание этих вопросов обычно нуждается в комплексном подходе. Обычно он состоит из улучшения норм закона, разработки предельно надежных и безопасных устройств, а также из формирования требуемой инфраструктуры [5; 9].

Для обоснования сделанных выводов рассмотрим несколько моделей БПЛА и сравним их по параметрам, обозначенных в нашем исследовании.

Рассмотрим сравнение, представленное в таблице 2, трех популярных моделей БПЛА: «DJI Matrice 300 RTK», «Skydio 2+» и «Freefly Alta X».

Таблица 2. Сравнение по ряду характеристик БПЛА моделей «DJI Matrice 300 RTK», «Skydio 2+» и «Freefly Alta X».

Модель/ характеристика	Описание	Грузоподъемность, кг	Время полета, мин	Уровень автономности	Уровень простоты управления	Цена, руб.	Основные направления применения
«DJI Matrice 300 RTK»	Промышленный БПЛА	до 2,7	до 55	Высокая	Средняя	от 450000	Широкий спектр задач
«Skydio 2+»	Модульный БПЛА, для кинематографа и логистики	до 1,5	до 25	Исключительная	Высокая	От 70000	Инспекции, съемка видео
«Freefly Alta X»	Модульный БПЛА, для кинематографа и логистики	до 4,5	до 30	Базовая	Низкая	От 40000	Доставка тяжелых грузов, профессиональная съемка

Исходя из данных таблицы 2, можно сделать вывод, что для цифровой логистики БПЛА модели «DJI Matrice 300 RTK» является наиболее предпочтительным вариантом благодаря широким возможностям интеграции, высокому качеству данных и продвинутым функциям автоматизации. Модель «Skydio 2+» может быть хорошим выбором для задач инспекции и мониторинга, но имеет ограничения в интеграции и качестве данных. А БПЛА модели «Freefly Alta X» подходит для специализированных задач, требующих высокой грузоподъемности и гибкости, но не является оптимальным выбором для автоматизации и интеграции с логистическими системами.

Практическое использование БПЛА в логистике есть не что иное, как перспективное направление, которое нуждается в комплексном и детальном оценивании.

Комплексный SWOT-анализ поможет в определении плюсов и минусов их использования, а также в оценивании потенциала и рисков факторов. Каждый аспект требует подробного рассмотрения (рис. 2).

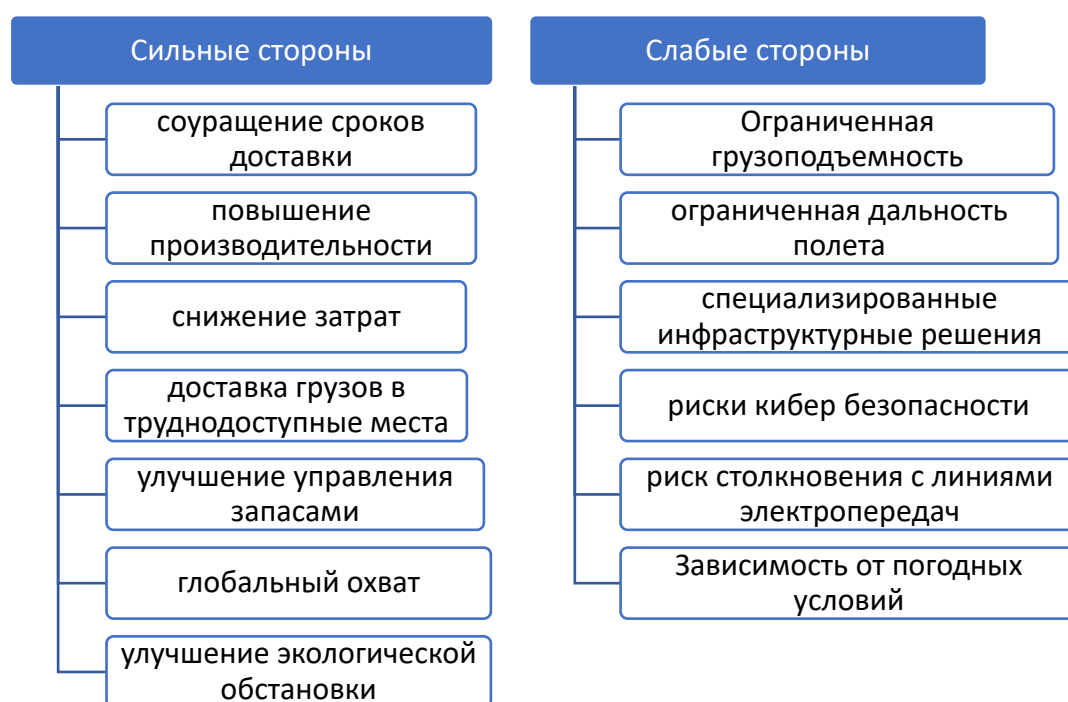


Рисунок 2 - Сильные и слабые стороны использования БПЛА в цифровой логистике

На основании рисунка 2 можно утверждать, что при внушительном числе преимуществ есть определенные минусы. Если модернизировать эти технологии и решить проблемы, можно сделать задействование летательных аппаратов более результативным.

Возможности применения и угрозы можно отразить при помощи рисунков 3 и 4. Вследствие их анализа несложно сформулировать вывод по поводу применения данных технологий.

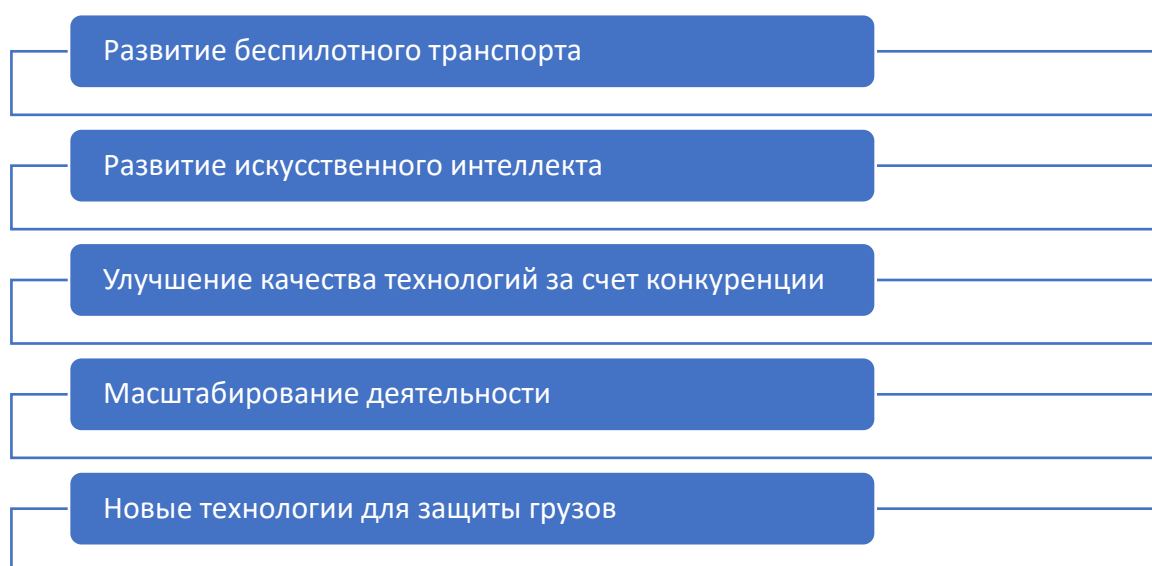


Рисунок 3 - Возможности применения БПЛА в логистике

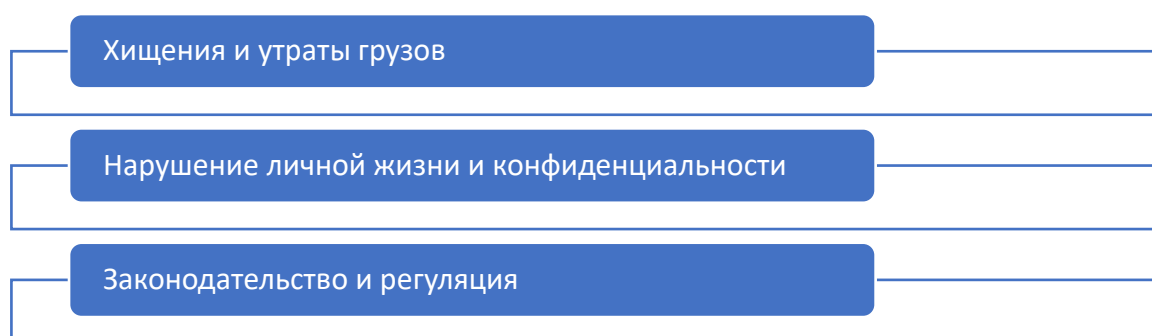


Рисунок 4 - Угрозы применения БПЛА в логистике

Кроме этого мы видим что, внедрение БПЛА в логистику связано с определенными рисками. Законодательство и контроль представляют собой риски для развития данной отрасли. Кража и утрата грузов также являются потенциальной проблемой, требующей разработки эффективных мер безопасности. Нарушение личной жизни и конфиденциальности, связанное с использованием дронов с камерами, может вызвать общественное недовольство и привести к ужесточению регулирования.

Важно отметить, что эти аспекты взаимосвязаны. Например, развитие искусственного интеллекта может помочь решить проблему ограниченной грузоподъемности за счет оптимизации маршрутов и снижения веса дронов. С другой стороны, ужесточение законодательства может ограничить возможности масштабирования деятельности. Данная проблема требует комплексного подхода в решении. Стоит отметить, что в этот процесс должны включаться не только законодатели, пользователи и общественность.

Несмотря на огромный потенциал, который дроны несут в логистике, их широкое распространение на данный момент сталкивается с рядом серьезных препятствий. Недостаточно развитое законодательство, строгие правила безопасности полетов и, особенно, сложности с эксплуатацией в плотно застроенных городских районах – все это сдерживает их повсеместное использование. Исходя из исследования, мы можем полагать, что именно правовая база требует наибольшего внимания, чтобы не «задушить» инновации.

Тем не менее, есть оптимистичные прогнозы. Учитывая стремительный прогресс в технологиях и ожидаемое увеличение объемов производства, в долгосрочной перспективе мы видим значительное расширение роли дронов в логистических цепочках. Ключевые перспективы, на наш взгляд, заключаются в расширении географии доставки, что особенно актуально для труднодоступных регионов, и в удовлетворении растущего потребительского спроса на быструю и удобную доставку.

Заключение. Таким образом, внедрение беспилотных летательных аппаратов, или дронов, способно существенно оптимизировать логистические процессы, особенно в отдаленных и сельских районах, что подтверждает наше исследование. Из рассмотренных дронов для цифровой логистики «DJI Matrice 300 RTK» является наиболее предпочтительным

вариантом благодаря широким возможностям интеграции, высокому качеству данных и продвинутым функциям автоматизации. «Skydio 2+» может быть хорошим выбором для задач инспекции и мониторинга, но имеет ограничения в интеграции и качестве данных. «Freefly Alta X» подходит для специализированных задач, требующих высокой грузоподъемности и гибкости.

SWOT-анализ показывает, что применение БПЛА в логистике имеет огромный потенциал, но требует учета рисков и активного поиска решений для преодоления данных ограничений. Успешное внедрение дронов в логистические процессы зависит от комплексного подхода, включающего технологические инновации, адаптацию законодательства и обеспечение безопасности.

Список литературы

1. Бондарев Н.А., Примаков Н.В. Машины и механизмы учебное пособие для студентов вузов по специальности 250201-"Лесное хозяйство", 250203-"Садово-парковое и ландшафтное строительство", 190206-"Сельскохозяйственные машины и оборудование" / Новочеркасск, 2007. 211 с.
2. Куатов Б.Ж., Макаев Т.З. История развития беспилотных летательных аппаратов // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2017. С.137–139.
3. Курбанов Т., Старченко Д., Заикин А. Дроны в логистике: опыт ведущих зарубежных и отечественных компаний, перспективы и проблемы применения // Логистика. 2020 № 159. С.26–29.
4. Машненко Д.В. Перспективы использования БПЛА в логистике // Инновации и Инвестиции». 2023. С.168–171.
5. Примаков Н.В. Цифровая логистика как система развития экономики региона / Н.В. Примаков, В.Д. Мочеран // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 187. – С. 251-259.
6. Примаков Н.В. Производственная программа по эксплуатации грузового автотранспорта / Н.В. Примаков, А. Деллал // Теория и практика современной аграрной науки: Сб. III нац. (всерос.) науч. конф. с междун. уч., Новосибирск, 28 февраля 2020 года / Новосиб. ГАУ. Том 2. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – С. 180-182.
7. Рытов, К. П. Повышение эффективности эксплуатации автомобильных двигателей на основе сравнения работоспособности / К. П. Рытов, Н. В. Примаков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1(93). – С. 98-102.

8. Примаков Н.В., Рытов К.П. Ресурсосберегающие технологии при обслуживании автомобильных двигателей. Стратегии и векторы развития АПК: сб. ст. по мат. нац. конф. посв. 100-летию Кубанского ГАУ. / отв. за вып. А.А. Титученко - Краснодар: КубГАУ, 2021. С 209-210.

9. Труфляк Е.В. Оценка готовности регионов к внедрению цифровых технологий в сельское хозяйство / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2019. – № 10(180). – С. 22-26.

References

1. Bondarev N.A., Primakov N.V. Mashiny i mehanizmy uchebnoe posobie dlja studentov vuzov po special'nosti 250201-"Lesnoe hozjajstvo", 250203-"Sadovo-parkovoe i landshaftnoe stroitel'stvo", 190206-"Sel'skohozjajstvennyye mashiny i oborudovanie" / Novochoerkassk, 2007. 211 s.

2. Kuatov B.Zh., Makaev T.Z. Istorija razvitija bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo». 2017. S.137–139.

3. Kurbanov T., Starchenko D., Zaikin A. Drony v logistike: opyt vedushhih zarubezhnyh i otechestvennyh kompanij, perspektivy i problemy primeneniya // Logistika. 2020 № 159. S.26–29.

4. Mashnenkov D.V. Perspektivy ispol'zovaniya BPLA v logistike // Innovacii i Investicii». 2023. S.168–171.

5. Primakov N.V. Cifrovaja logistika kak sistema razvitija jekonomiki regiona / N.V. Primakov, V.D. Mocheran // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 187. – S. 251-259.

6. Primakov N.V. Proizvodstvennaja programma po jekspluatacii gruzovogo avtotransporta / N.V. Primakov, A. Dellal // Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki: Sb. III nac. (vseros.) nauch. konf. s mezhdun. uch., Novosibirsk, 28 fevralja 2020 goda / Novosib. GAU. Tom 2. – Novosibirsk: IC NGAU «Zolotoj kolos», 2020. – S. 180-182.

7. Rytov, K. P. Povyshenie jeffektivnosti jekspluatacii avtomobil'nyh dvigatelej na osnove sravneniya rabotosposobnosti / K. P. Rytov, N. V. Primakov // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 1(93). – S. 98-102.

8. Primakov N.V., Rytov K.P. Resursosberegajushhie tehnologii pri obsluzhivanii avtomobil'nyh dvigatelej. Strategii i vektory razvitija APK: sb. st. po mat. nac. konf. posv. 100-letiju Kubanskogo GAU. / отв. за вып. А.А. Титученко - Краснодар: КубГАУ, 2021. S 209-210.

9. Trufljak E.V. Ocenka gotovnosti regionov k vnedreniju cifrovych tehnologij v sel'skoe hozjajstvo / E.V. Trufljak, N.Ju. Kurchenko // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta. – 2019. – № 10(180). – S. 22-26.