



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 528.7; 629.735; 004.67

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ГЕОДЕЗИИ

¹Сафонова Т.В., ²Мокряк А.В., ³Полежаева М.В., ⁴Кенжина Д.С.

ФГБОУ ВО "РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" Санкт-Петербург, Россия (192007, город Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79) e-mail: ¹tatyana.vsafonova@gmail.com, ³kolezei21@gmail.com, ⁴diana.kenzhina@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ИМЕНИ ГЕРОЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ГЕНЕРАЛА АРМИИ Е.Н.ЗИНИЧЕВА", Санкт-Петербург, Россия (196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д.149), e-mail: mokryakanna@mail.ru

В данной статье рассматривается использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в области геодезии. Исследуются ключевые моменты работы данных технологий, их преимущества и возможные проблемы, а также приводятся примеры применения БПЛА в таких направлениях, как топографическая съемка, мониторинг природных ресурсов и проектирование. Также обсуждаются потенциальные последствия внедрения технологий БПЛА в геодезии и картографии, а также тенденции их дальнейшего развития.

Ключевые слова: Беспилотный летательный аппарат (БПЛА), аэрофотосъемка, фотограмметрия, ортофотоплан, 3-D моделирование.

USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN GEODESY

¹Safonova T.V., ²Mokryak A.V., ³Polezhaeva M.V., ⁴Kenzhina D.S.

RUSSIAN STATE HYDROMETEOROLOGICAL UNIVERSITY, St. Petersburg, Russia (192007, St. Petersburg, Voronezhskaya str., 79), e-mail: ¹tatyana.vsafonova@gmail.com, ³kolezei21@gmail.com, ⁴diana.kenzhina@yandex.ru;

²ST. PETERSBURG UNIVERSITY OF THE STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR CIVIL DEFENSE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS NAMED AFTER THE HERO OF THE RUSSIAN FEDERATION, GENERAL OF THE ARMY E.N. ZINICHEV, St. Petersburg, Russia (196105, St. Petersburg, Moskovsky prospekt, 149), e-mail: mokryakanna@mail.ru

This article examines the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in surveying. It examines the key aspects of these technologies, their advantages and potential problems, and provides examples of UAV applications in such areas as topographic surveying, natural resource monitoring, and design. It also discusses the potential implications of UAV technologies in geodesy and cartography, as well as trends in their further development.

Keywords: Unmanned aerial vehicle (UAV), aerial photography, photogrammetry, orthophotoplan, 3-D modeling.

Введение

Статья направлена на изучение потенциала беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в области геодезии. Данные устройства обладают способностью выполнять полеты без пилота

на борту, управляемые дистанционно или автономно. Растущая популярность БПЛА объясняется высокими требованиями к качеству и скорости получения данных. Традиционные методы съёмки зачастую требуют длительного времени и могут сталкиваться с трудозатратами и сложностями, возникающими из-за плохого доступа к труднодоступным участкам или неблагоприятных погодных условий. БПЛА же предлагают быстрый и точный сбор информации о местности, что делает их незаменимыми инструментами в сфере геодезии.

БПЛА представляют собой важные инструменты для быстрого и точного сбора данных, что позволяет значительно улучшить производительность и точность работы [1]. Однако необходимо учитывать возможные проблемы, такие как сбои и технические неисправности, а также правовые ограничения.

Актуальность темы обусловлена ростом спроса на качественные и быстрые данные, что заставляет искать новые эффективные решения. На основании оценок аналитических компаний, рынок БПЛА продолжит расти, и прогнозы предполагают, что в 2025 году его размер составит около 43 миллиардов долларов США, что подчеркивает значимость БПЛА в современных задачах геодезии и картографии [2].

Основные задачи исследования направлены на изучение принципов работы БПЛА в геодезии, анализ текущего состояния использования, определение преимуществ и недостатков использования БПЛА и выявлении перспектив развития технологий.

Применение БПЛА в геодезии

БПЛА находят все более широкое применение в геодезии благодаря своей высокой эффективности, так как используются для выполнения широкого круга задач. Они позволяют быстро получать подробные карты местности с высоким разрешением. С помощью аэрофотосъёмки можно создать ортофотопланы и цифровые модели рельефа (ЦМР), что особенно полезно для планирования строительных проектов или проведения экологических исследований [3].

Также БПЛА применяются для создания 3D-моделей городских территорий, что помогает архитекторам и планировщикам визуализировать проекты до начала строительства, что дает возможность избежать ошибок на этапе проектирования и оптимизировать использование пространства.

В процессе проектирования инфраструктуры БПЛА позволяют быстро собирать данные о рельефе и существующих объектах, что особенно важно при проектировании дорог, мостов или других крупных объектов.

Использование БПЛА для мониторинга лесов, водоемов и сельскохозяйственных угодий позволяет оперативно получать данные о состоянии экосистем. Например, БПЛА могут использоваться для оценки состояния лесных массивов или контроля за качеством воды в реках [4, 5].

БПЛА используются для отслеживания изменений в состоянии зданий и сооружений, что особенно важно для предотвращения аварийных ситуаций. С помощью регулярных съемок можно выявлять деформации конструкций на ранних стадиях [6].

В таблице 1 представлены наиболее успешные отечественные и зарубежные проекты использования БПЛА в сфере геодезии [7-11].

Таблица 1 - Отечественные и иностранные проекты и примеры использования БПЛА

Регион	Название проекта	Описание
Отечественные примеры	Компания «ИнжГео»	Специализируется на комплексных инженерно-геологических изысканиях. Использует БПЛА для создания ортофотопланов с точностью до 3 см
	Проект «Геоскан 101»	Применяется для топосъемки небольших участков (до 10 кв.км) с 80% перекрытием снимков для обеспечения точности данных
	Использование LIDAR-технологий	Применение дронов Phantom 4 RTK для создания фотограмметрической модели карьера в Рязанской области с разрешением 3 см на пиксель
	Мониторинг природных ресурсов	БПЛА используются для мониторинга лесных угодий и водоемов, что позволяет оперативно получать данные о состоянии экосистем
	Геодезические работы в строительстве	БПЛА применяются для создания 3D-моделей участков перед началом строительства, что помогает визуализировать проекты
Иностранные примеры	SenseFly eBee X	Широко используется для картографических работ, обеспечивая высокую производительность при аэрофотосъемке больших территорий
	DJI Mavic 2 Enterprise	Применяется в строительстве и инспекции объектов, оснащен камерами с высоким разрешением для создания детализированных карт
	Проект «Skycatch»	В США используется для мониторинга строительных площадок, собирая данные о прогрессе работ и создавая 3D-модели объектов в реальном времени
	Геодезические работы в горнодобывающей промышленности	В Австралии БПЛА активно используются для геодезических работ на карьерах, позволяя быстро получать данные о состоянии месторождений
	Применение БПЛА в сельском хозяйстве	В Канаде БПЛА используются для мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, что помогает фермерам оптимизировать ресурсы и повысить урожайность

Оборудование для БПЛА в геодезии

Эффективность применения БПЛА в геодезии зависит от установленных на них приборов. Рассмотрим каждый из них.

- БПЛА, оборудованы лидарами, которые способны собирать данные о местности с высокой точностью до сантиметров. Данная технология позволяет создавать 3D-модели рельефа, включая участки с растительностью [12, 13]. Лидары обеспечивают более точные данные по сравнению с традиционными методами съемки.
- Аэрофотосъемка выполняется с помощью фотометрических камер, которые определяют размеры и характеристики объектов на основании сделанных фотографий [14, 15]. Фотограммы обрабатываются специальными программами для создания точных моделей объектов.
- Тепловые камеры применяются для мониторинга состояния объектов путём фиксации температурных отклонений, что может быть полезно при обследовании зданий на предмет утечек тепла или при мониторинге состояния сельскохозяйственных культур [16-18].

Данные приборы позволяют БПЛА собирать разнообразные данные о рельефе и объектах, что значительно увеличивает точность геодезических работ.

На Рисунке 1 представлена диаграмма компонентов UML, которая демонстрирует структуру БПЛА для геодезических работ, а также диаграмма активности UML на Рисунке 2, которая показывает процесс выполнения геодезической съемки с использованием БПЛА.



Рисунок 1 - Диаграмма компонентов БПЛА в геодезии

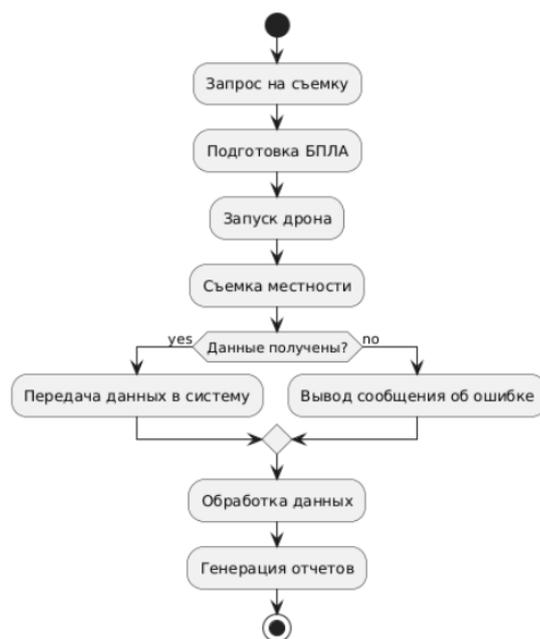


Рисунок 2 - Диаграмма активности БПЛА в геодезии

Выводы

Использование БПЛА в геодезии открывает новые горизонты для повышения эффективности работы специалистов в данных областях. БПЛА обеспечивают быструю сборку высококачественных данных о местности при минимальных затратах времени и ресурсов. Они позволяют значительно улучшить точность измерений и позволяют проводить работы в условиях, которые ранее были труднодоступны или небезопасны.

Внедрение БПЛА в геодезию изменяет традиционные методы работы. Например, БПЛА могут выполнять аэрофотосъемку и сбор данных с использованием LIDAR-технологий, что позволяет получать высокоточные 3D-модели местности без необходимости в значительных временных и трудовых затратах, что также снижает риск ошибок, связанных с человеческим фактором, так как автоматизация процессов позволяет минимизировать вмешательство человека.

Экономическая эффективность использования БПЛА также является важным аспектом. В условиях растущих затрат на рабочую силу и материалы, БПЛА представляют собой более доступное решение для многих компаний. Использование одного оператора для управления БПЛА вместо целой команды геодезистов может существенно сократить расходы на проект. Кроме того, возможность быстрого получения данных позволяет ускорить процесс принятия решений и запуск новых проектов. С учетом текущих тенденций можно ожидать дальнейшего развития технологий БПЛА. Ожидается, что интеграция искусственного интеллекта (AI) и машинного обучения в системы управления БПЛА позволит улучшить обработку данных и повысить точность моделирования, что может привести к созданию более сложных алгоритмов для анализа собранной информации и автоматизации процессов обработки данных.

Перспективы применения БПЛА выходят за рамки только геодезии. В будущем можно ожидать их активного использования в таких областях, как экология (для мониторинга состояния экосистем), сельское хозяйство (для оптимизации полевых работ),

градостроительство (для создания интерактивных карт) и даже в сфере безопасности (для мониторинга объектов и территорий). Таким образом, использование БПЛА в геодезии не только повышает эффективность исследований, но также открывает новые возможности для инноваций в различных сферах деятельности. С учетом всех преимуществ, можно уверенно говорить о том, что БПЛА станут стандартом в геодезических работах будущего, способствуя более безопасному, быстрому и эффективному процессу сбора данных о нашей планете.

Список литературы

1. Григорьев, П. С., Орлова, Т. Ю. Применение технологий больших данных в агрономии: Перспективы и вызовы Научный журнал АГРОТЕХ. 2020. Т. I(3). С. 15-22.
2. Использование БПЛА для геодезических работ Нэтер [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://neter.market/blog/sovety-pokupatelyam/bespilotniki-dlya-geodezicheskoi-semki/> (Дата обращения: 03.01.2025).
3. Применение беспилотных летательных аппаратов в геодезии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://glavgp.ru/informacziya/stati-publikaczii-obzoryi/geologiya/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-glavnyie-pomoshniki-geodezista> (Дата обращения: 03.01.2025).
4. Дроны в геодезии Airmetric [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://airmetric.ru/inzhgeo> (Дата обращения: 03.01.2025).
5. Преимущества использования дронов в геодезии Drone.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.drone.com.kz/news/20101/> (Дата обращения: 04.01.2025).
6. Беспилотные летательные аппараты для топографической съемки A-Geo [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://a-geo.com/catalog/bpla-dlya-geodezii/> (Дата обращения: 04.01.2025).
7. Лидары для лазерного сканирования местности Геоинформатика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://geoinformatika.ru/lidary-dlya-lazernogo-skanirovaniya-mestnosti/> (Дата обращения: 04.01.2025).
8. Бабашкин, Н. М., Нехин, С. С. Применение технологий и оборудования беспилотных водных аппаратов в картографии и моделировании Геодезия и картография. 2020. Т. I(8). С. 58-64.
9. Применение беспилотников для создания цифровых моделей местности Картография и ГИС [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gis-cartography.ru/drony-dlya-tsifrovyykh-modeley-mestnosti> (Дата обращения: 05.01.2025).
10. Геодезические работы с использованием беспилотников Geoinfo.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.geoinfo.ru/134210.html> (Дата обращения: 05.01.2025).
11. Сидоров, А.И., Петров, В.Н., Применение дронов в сельском хозяйстве Аграрная наука и практика, 2019, №4, С. 22-30.
12. Кузнецов, И.А., Лебедев, Д.В., Использование беспилотников в градостроительстве Архитектура и строительство, 2018, Т. I(2), С. 45-50.
13. Смирнов, Е.В., Дроновые технологии в экологии: мониторинг состояния окружающей среды Экологические исследования, 2021, №3, С. 15-20.
14. Фролов, А.Г., Беспилотные летательные аппараты в инженерных изысканиях Инженерные системы, 2020, №6, С. 30-35.

15. Михайлов, С.П., Применение дронов для создания карт и моделей местности Научные исследования и разработки, 2019, Т.1(1), С. 12-18.
16. Полежаева М.В., Кенжина Д.С., Сафонова Т.В., Мокряк А.В., Нерпин Е.С. Использование беспилотных летательных аппаратов для обнаружения лесных пожаров Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2024. № 1 (49). С. 67-78.
17. Логинов И.С., Мошуров В.М., Сафонова Т.В., Вершинин А.К., Ясников А.И. Спутниковый мониторинг лесных пожаров Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2023. № 2 (46). С. 4-10.
18. Тикки Д.А., Никольский В.Е., Авакян Е.В., Самошкин Н.С., Сафонова Т.В. Применение дронов в отрасли сельского хозяйства Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2023. № 2 (46). С. 44-49.

References

1. Grigoriev, P. S., Orlova, T. Y. Application of big data technologies in agronomy: Prospects and challenges Scientific Journal AGROTECH. 2020. Vol. I(3). pp. 15-22.
2. The use of UAVs for geodetic work Neter [Electronic resource]. Access mode: <https://neter.market/blog/sovety-pokupatelyam/bespilotniki-dlya-geodezicheskoi-semki> / (Date of access: 03.01.2025).
3. Application of unmanned aerial vehicles in geodesy [Electronic resource]. Access mode: <https://glavgp.ru/informacziya/stati-publikaczii-obzoryi/geologiya/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-glavnyie-pomoshniki-geodezista> (Date of access: 03.01.2025).
4. Drones in geodesy Airmetric [Electronic resource]. Access mode: <https://airmetric.ru/inzhgeo> (Date of application: 03.01.2025).
5. Advantages of using drones in geodesy Drone.com [Electronic resource]. Access mode: <https://www.drone.com.kz/news/20101> / (Date of access: 04.01.2025).
6. Unmanned aerial vehicles for topographic survey A-Geo [Electronic resource]. Access mode: <https://a-geo.com/catalog/bpla-dlya-geodezii> / (Date of access: 04.01.2025).
7. Lidars for laser scanning of terrain Geoinformatics [Electronic resource]. Access mode: <https://geoinformatika.ru/lidary-dlya-lazernogo-skanirovaniya-mestnosti> / (Date of access: 04.01.2025).
8. Babashkin, N. M., Nekhin, S. S. Application of technologies and equipment of unmanned water vehicles in cartography and modeling Geodesy and cartography. 2020. Vol.I(8). pp.58-64.
9. The use of drones to create digital terrain models Cartography and GIS [Electronic resource]. Access mode: <https://gis-cartography.ru/drony-dlya-tsifrovyykh-modeley-mestnosti> (Date of application: 05.01.2025).
10. Geodetic work using drones Geoinfo.ru [Electronic resource]. Access mode: <http://www.geoinfo.ru/134210.html> (Date of access: 05.01.2025).
11. Sidorov, A.I., Petrov, V.N., The use of drones in agriculture, Agrarian Science and Practice, 2019, No. 4, pp. 22-30.
12. Kuznetsov, I.A., Lebedev, D.V., The use of drones in urban planning Architecture and Construction, 2018, Vol. I(2), pp. 45-50.

13. Smirnov, E.V., Drone technologies in ecology: environmental monitoring *Environmental Research*, 2021, No. 3, pp. 15-20.
 14. Frolov, A.G., Unmanned aerial vehicles in engineering research *Engineering Systems*, 2020, No. 6, pp. 30-35.
 15. Mikhailov, S.P., The use of drones to create maps and models of terrain *Scientific research and development*, 2019, Vol. I(1), pp. 12-18.
 16. Polezhaeva M.V., Kenzhina D.S., Safonova T.V., Mokryak A.V., Nerpin E.S. The use of unmanned aerial vehicles to detect forest fires *Information technologies and systems: management, economics, transport, law*. 2024. No. 1 (49). pp. 67-78.
 17. Loginov I.S., Moshurov V.M., Safonova T.V., Vershinin A.K., Yasnikov A.I. Satellite monitoring of forest fires *Information technologies and systems: management, economics, transport, law*. 2023. No. 2 (46). pp. 4-10.
 18. Tikki D.A., Nikolsky V.E., Avakian E.V., Samoshkin N.S., Safonova T.V. The use of drones in agriculture *Information technologies and systems: management, economics, transport, law*. 2023. No. 2 (46). pp. 44-49.
-