https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-144-156 EDN: PFVDMI
УДК 658.562

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НОРМАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

А.С. БАРКОВ✉
А.С. ЗАБОЛОТНИКОВ
Филиал общества с ограниченной ответственностью «Рн-Стройконтроль», ул. Мельникайте, д. 116, к. 1, г. Тюмень, 625007, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Авторы рассматривают области применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в строительной отрасли с акцентом на их использование для геодезических изысканий, мониторинга объектов и контроля за строительством.

Цель. Анализ современных областей БПЛА в проектировании и строительстве, а также оценка их влияния на точность, стоимость и сроки выполнения работ. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: классифицировать существующие практики применения БПЛА; выявить их ключевые преимущества и ограничения; на основе анализа конкретных кейсов определить наиболее перспективные направления их использования.

Материалы и методы. В основе исследования лежит анализ и систематизация замечаний к проекту изменений в СП 126.13330.2017. Методика работы включала сбор предложений из пояснительной записки и материалов обсуждений, их категоризацию по целевым аспектам (структура документа, терминология, технические требования) и последующее обобщение. Результатом данной процедуры стала сводная таблица, которая наглядно представляет проанализированные замечания и рекомендации, что и составляет основу для интеграции технологии БПЛА в нормативную базу.

Результаты. Обоснована значимость БПЛА для повышения безопасности на строительных объектах, для улучшения качества строительства и повышения оперативности выполнения работ. Рассматриваются реальные примеры использования беспилотников для мониторинга дорог, высотных зданий и исторических объектов, а также подчеркивается роль новых технологий в мониторинге промышленных объектов.

Выводы. Приведенные результаты демонстрируют успешное внедрение БПЛА в строительные процессы, а также необходимость дальнейшей работы над совершенствованием нормативной базы для полного использования их потенциала.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), строительство, геодезические изыскания, мониторинг объектов, аэрофотосъемка, лазерное сканирование, цифровые модели местности, инновационные технологии, безопасность на строительных объектах, инфраструктурные проекты, технические требования, топографические карты, строительный контроль

Для цитирования: Барков А.С., Заболотников А.С. Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве: внедрение новых технологий и нормативные изменения. *Вестник НИЦ «Строительство».* 2025;47(4):144–156. https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-144-156

Вклад авторов
Барков А.С. – написание текста рукописи, оформление рукописи, работа с графическим материалом, сбор и анализ данных литературы, проведение сравнительного анализа, интерпретация результатов исследования.

Заболотников А.С. – редактирование текста рукописи, формулировка выводов, критический пересмотр текста рукописи.

Финансирование
Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 24.06.2025
Поступила после рецензирования 10.08.2025
Принята к публикации 14.08.2025

UNMANNED AERIAL VEHICLES IN CONSTRUCTION: ADVANCED TECHNOLOGIES AND REGULATORY CHANGES

A.S. BARKOV✉
A.S. ZABOLOTNIKOV
Tyumen Branch of the RN-Stroikontrol LLC, Melnikaite str., 116, bld. 1, Tyumen, 625007, Russian Federation

Abstract

Introduction. The paper examines the application of unmanned aerial vehicles (UAVs) in construction, emphasizing their use for geodetic surveys, site monitoring, and construction supervision.

Aim. To analyze contemporary UAV applications in design and construction, as well to assess their impact on the accuracy, cost, and duration of construction period. To achieve this goal, we set the following objectives: to classify existing UAV application practices; to identify their key advantages and limitations; to determine the most promising areas of their use based on an analysis of specific cases.

Materials and methods. The study is based on the analysis and systematization of comments on the draft amendments to SP 126.13330.2017. The methodology of the study includes collecting proposals from the explanatory note and discussion materials with their classification according to target aspects including document structure, terminology, and technical requirements with subsequent generalization. The study yielded a summary table that clearly presents the analyzed comments and recommendations to form the basis for integrating UAV technology into the regulatory framework.

Results. The importance of UAVs for improving safety at construction sites, construction quality, and efficiency of work execution is substantiated. The article considers real-world examples of using UAVs to monitor roads, high-rise buildings, and historical sites, as well as highlights the role of new technologies in monitoring industrial facilities.

Conclusions. The presented results demonstrate the successful implementation of UAVs in construction processes, as well as the need for further improvements of the regulatory framework to fully utilize their potential.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), construction, geodetic survey, object monitoring, aerial photography, laser scanning, digital terrain models, innovative technologies, safety at construction sites, infrastructure projects, technical requirements, topographic maps, construction supervision

For citation: Barkov A.S., Zabolotnikov A.S. Unmanned aerial vehicles in construction: advanced technologies and regulatory changes. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction.* 2025;47(4):144–156. (In Russian). https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-144-156

Authors contribution statement
Barkov A.S. – designing and writing the manuscript, working with graphical material, collecting and analyzing literature data, conducting a comparative analysis, interpreting research results.

Zabolotnikov A.S. – editing the manuscript, formulating conclusions, critically revising the manuscript.

Funding
No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

Received 24.06.2025
Revised 10.08.2025
Accepted 14.08.2025

Введение

Современные строительные технологии все чаще включают использование технологий беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга и контроля. БПЛА позволяют проводить регулярный мониторинг строительных площадок без приостановки основных работ, обеспечивая высокую детализацию и достоверность данных. Особенно востребованы эти технологии при реализации масштабных инфраструктурных проектов, где важны оперативность и безопасность проведения изысканий.

Современное развитие технологий беспилотных систем и геодезии активно трансформирует практику строительного контроля. Применение БПЛА дает заказчику двойной эффект: **повышение качества** и **снижение стоимости** проведения геодезических работ. Для реализации этого потенциала требуется соответствующая модернизация нормативной документации, призванная создать надежную основу для массового внедрения технологий в строительную отрасль. Важным шагом в данном направлении стали изменения в СП 126.13330.2017 (с Изменением № 2) [1], которые открыли правовые перспективы для использования БПЛА в строительстве [2].

Эти изменения направлены на создание условий для эффективного применения современных технологий в процессе строительства, способствуя переходу к непрерывному мониторингу и повышению точности исполнительной документации. Изменения в нормативной документации имеют большое значение, поскольку они формируют основы для широкого внедрения инновационных технологий, таких как лазерное сканирование и фотограмметрия с использованием БПЛА. В результате такого подхода строительство становится более предсказуемым, а процессы проектирования и мониторинга – более прозрачными и оперативными.

В статье рассматриваются основные преимущества применения БПЛА в строительстве, а также роль, которую играют новые нормативные изменения в процессе цифровизации строительного контроля. Также внимание уделяется проблемам и вызовам, с которыми сталкиваются строительные компании при внедрении технологий БПЛА, и путям их решения через корректировку существующих норм и стандартов.

Нормативные изменения и внедрение новых технологий

Строительная отрасль переживает технологическую трансформацию, связанную с внедрением инновационных методов контроля и мониторинга. Особое место в этом процессе занимают беспилотные летательные аппараты, которые открывают новые возможности для оптимизации строительных процессов. Эти технологии позволяют осуществлять комплексный мониторинг строительных площадок, создавать детализированные цифровые модели объектов и проводить высокоточное обследование конструкций, недоступное для традиционных методов.

Эффективное внедрение БПЛА в строительную практику потребовало соответствующей нормативной поддержки, которая была реализована через обновление СП 126.13330.2017 [1]. Эти изменения создают необходимые правовые условия для применения современных технологий на всех этапах строительства – от проектирования до эксплуатации объектов. Наибольший практический эффект от внедрения данных норм наблюдается в инфраструктурном строительстве, где требования к точности и оперативности контроля особенно высоки.

Применение БПЛА трансформирует подходы к строительному контролю за счет технологий аэрофотосъемки и лазерного сканирования. Беспилотники предоставляют актуальные данные о состоянии объектов в режиме реального времени, что создает основу для проактивного управления строительными процессами. Наиболее значим этот эффект при мониторинге сложных конструкций, где оперативное выявление отклонений предотвращает рост затрат и технологические риски.

Развитие нормативной базы, включая актуализацию [1], создает прочную основу для дальнейшего внедрения цифровых технологий в строительной отрасли. Это позволяет гармонично сочетать инновационные методы контроля с традиционными подходами, формируя целостную систему контроля на протяжении всего жизненного цикла объекта.

С учетом стремительного развития технологий беспилотных летательных аппаратов, изменения в [1] отражают важные нововведения, касающиеся геодезических работ в строительстве. Одним из ключевых пунктов нового стандарта стало включение БПЛА в перечень технологий, используемых для создания ортофотопланов и цифровых моделей местности. Это нововведение кардинально изменяет подход к сбору данных, повышая оперативность полевых этапов и обеспечивая необходимую точность для сложных проектных решений [3].

Для успешной реализации использования БПЛА в строительстве необходима точная настройка нормативных требований. В рамках обсуждения проекта [1] были высказаны различные замечания и предложения, касающиеся как структуры документа, так и конкретных терминов и технических требований. После публичных обсуждений было собрано значительное количество замечаний, которые отражают актуальные проблемы и области для улучшения. Представленная далее таблица содержит сводные замечания, сгруппированные по видам, с указанием количества замечаний по каждому из пунктов, а также общего числа замечаний по всем разделам (табл. 1).

Легализация применения БПЛА в геодезических работах, закрепленная в [1], переводит мониторинг строительных объектов на качественно новый уровень. В отличие от выборочных измерений, технология обеспечивает сплошной контроль таких разнородных объектов, как высотные здания и линейные сооружения (мосты, развязки), путем сравнения созданных 3D-моделей с проектными данными.

Таблица 1

Сводные замечания к изменению № 2 СП 126.13330.2017 [1]

Table 1

Summary comments on Amendment No. 2 of SP 126.13330.2017 [1]

№ п/п	Тип замечания	Кол-во
1	Термины и определения	10
2	Структура документа	16
3	Согласование изменений	5
4	Технические требования	23
5	Грамматика и оформление	19
Общее количество замечаний		**73**

Особую ценность БПЛА представляют при обследовании ответственных конструкций, где важно оперативное выявление отклонений. Например, при строительстве мостовых опор система позволяет обнаружить смещения на ранней стадии, а при возведении высотных зданий – контролировать вертикальность несущих элементов. Такой подход минимизирует вероятность накопления ошибок на последующих этапах строительства [4].

Технология исключает организационные и экономические издержки, связанные с приостановкой работ. Для объектов транспортной инфраструктуры это означает возможность мониторинга без перекрытия движения, а для высотных зданий – без использования сложных подъемных механизмов.

Комплексное применение технологий трехмерного моделирования значительно расширяет возможности измерений в труднодоступных местах: на верхних этажах зданий, в горной местности или при ограниченной видимости [5]. Это особенно ценно при возведении сложных объектов, где традиционные методы измерений требуют значительных временных и финансовых затрат, а также создают риски для персонала.

Актуализированная редакция [1] закрепляет нормативную базу для внедрения передовых технологических решений в строительной практике. Документ официально регламентирует применение лазерного сканирования и фотограмметрии, открывая новые возможности для цифровизации строительных процессов. Эти технологии позволяют создавать детализированные цифровые модели объектов, обеспечивая комплексный контроль на всех этапах строительства – от проектирования до сдачи объекта в эксплуатацию.

Особое значение имеет технология лазерного сканирования, которая дает возможность формировать высокоточные трехмерные модели строительных объектов в виде облаков точек. Получаемые данные используются для мониторинга текущего состояния конструкций, выявления отклонений от проектных параметров, проведения экспертных оценок и подготовки исполнительной документации. На практике это позволяет существенно повысить качество контроля строительно-монтажных работ, обеспечивая соответствие возводимых объектов проектным решениям и нормативным требованиям.

Внедрение этих технологий в рамках обновленных нормативных требований способствует переходу строительной отрасли на качественно новый уровень цифрового контроля и управления строительными процессами. Это особенно важно для сложных инфраструктурных объектов, где традиционные методы контроля часто оказываются недостаточно эффективными.

Лазерное сканирование с применением БПЛА демонстрирует значительные преимущества перед традиционными методами в сложных климатических условиях. В отличие от традиционных методов контроля, требующих непосредственного присутствия оператора, БПЛА со сканерами могут работать при пониженной температуре (до –20 °С) и в условиях ограниченной видимости. Это особенно актуально для арктических и приравненных к ним территорий, где съемка традиционными средствами затруднена (например, при повышенной заболоченности местности). При этом важно отметить, что эксплуатация БПЛА все же имеет ряд ограничений – при скорости ветра более 15 м/с, сильных осадках или экстремально низкой температуре для актуальных моделей БПЛА полеты невозможны. Однако в допустимых условиях эта технология обеспечивает беспрецедентную эффективность сбора данных (например, для проверки площади рекультивации).

Современные технологии фотограмметрии, реализуемые с помощью БПЛА, стали важным инструментом в строительной отрасли. Использование специализированных камер на беспилотных платформах позволяет оперативно получать актуальные данные о строительных площадках и возводимых объектах. Получаемые ортофотопланы и топографические материалы помогают специалистам анализировать текущее состояние строительства и своевременно вносить необходимые корректировки в рабочий процесс.

Особенно востребованы фотограмметрические методы при крупных инфраструктурных проектах, где требуется регулярный мониторинг больших территорий. Например, при строительстве автомагистралей технология позволяет контролировать ход работ на протяженных участках, а при возведении жилых комплексов – отслеживать соответствие строительства градостроительному плану. Получаемые данные помогают выявлять расхождения между проектными решениями и фактическим ходом строительства на ранних этапах.

Применение фотограмметрии с БПЛА существенно сокращает сроки получения актуальной пространственной информации по сравнению с традиционными методами съемки. Это особенно важно при реализации сжатых строительных графиков, когда оперативность получения данных напрямую влияет на качество принимаемых решений. Одним из важнейших направлений в строительстве является мониторинг состояния объектов на всех этапах их эксплуатации. Применение БПЛА для мониторинга дает уникальные возможности для контроля за состоянием объектов в реальном времени, что помогает оперативно выявлять критические отклонения, такие как: геометрические (прогибы, крены, смещения конструкций), конструктивные (трещины, повреждения несущих конструкций), а также нарушения технологии производства работ. Таким образом, мониторинг с помощью БПЛА для критически важных объектов [4] становится не просто технологическим преимуществом, а практической реализацией требований к обеспечению безопасности, закрепленных в актуализированных нормативных документах [1].

Дистанционный мониторинг с помощью БПЛА предоставляет строительным компаниям уникальную возможность следить за состоянием объекта на протяжении всего его жизненного цикла. Например, использование БПЛА для проверки мостов или вышек значительно снижает риски для персонала, поскольку в таких случаях не нужно использовать подъемные механизмы или другие опасные способы для проверки этих объектов. Кроме того, дистанционный мониторинг с помощью БПЛА предоставляет строительным компаниям уникальную возможность следить за состоянием объекта на протяжении всего его жизненного цикла – от строительства до эксплуатации. Такой подход обеспечивает непрерывный контроль

технического состояния, что является ключевым фактором для управления безопасностью и долговечностью ответственных инфраструктурных объектов.

Одним из наиболее значимых аспектов изменений в [1] является усиление цифровизации строительного контроля. Это включает интеграцию ТИМ-технологий и данных, полученных с помощью БПЛА, для создания точных цифровых реплик объектов, которые затем могут использоваться для мониторинга, проектирования и контроля за строительством.

Цифровизация строительного контроля позволяет значительно улучшить управление проектами. Совместное использование данных с БПЛА и информационного моделирования зданий помогает создавать детализированные 3D-модели объектов, которые могут быть использованы на всех стадиях строительства – от проектирования до сдачи в эксплуатацию.

Несмотря на все преимущества, внедрение технологий БПЛА в строительную отрасль сталкивается с рядом вызовов. В первую очередь, требуется обучить специалистов, которые будут работать с новыми технологиями. Традиционные геодезисты и строители часто не имеют опыта работы с такими сложными системами, что требует дополнительных усилий для подготовки квалифицированных кадров.

Кроме того, необходимо адаптировать существующую инфраструктуру и нормативную базу. В частности, важно обновить стандарты безопасности, а также адаптировать нормативные документы для полноценного использования БПЛА в строительных проектах. Это позволит улучшить контроль за качеством работ и повысить безопасность на объектах.

Преимущества применения БПЛА в строительстве

Внедрение БПЛА в строительную отрасль представляет собой значительный технологический прорыв, трансформирующий традиционные подходы к проектированию и возведению объектов. Эти инновационные решения кардинально меняют систему мониторинга строительных процессов, обеспечивая оперативный контроль качества работ на всех этапах.

Особую значимость приобретает нормативное закрепление данных технологий, что нашло отражение в актуализированной редакции [1]. Данный нормативный документ создает необходимые правовые условия для полноценной интеграции беспилотных систем в строительную практику, устанавливая четкие требования и стандарты их применения.

Данные воздушного наблюдения, получаемые с БПЛА в режиме реального времени, служат основой для оперативного принятия управленческих решений на строительной площадке. Технологии воздушного наблюдения позволяют получать актуальные данные о состоянии объектов в режиме реального времени, значительно сокращая временные затраты на контрольные операции и минимизируя риски для персонала при проведении высотных работ.

Одним из наиболее очевидных преимуществ использования БПЛА является снижение затрат и ускорение процессов. В традиционном строительстве для сбора данных о местности или объекте требуется значительное количество времени и трудозатрат. С помощью БПЛА можно провести геодезическую съемку или фотограмметрическую съемку за значительно более короткий срок, что снижает общий срок выполнения работ. Это сокращает и затраты на выполнение полевых работ, а также минимизирует количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

Использование БПЛА позволяет существенно ускорить сбор и обработку данных. Например, беспилотные летательные аппараты могут быстро и эффективно производить

аэрофотосъемку для создания цифровых моделей местности [6], которые затем используются в проектировании и строительном контроле. Это минимизирует риски ошибок на всех этапах реализации проектов и позволяет значительно сократить сроки строительства.

Реализация методов лазерного сканирования и фотограмметрии [6] с помощью БПЛА знаменует полный переход к дистанционному мониторингу строительных объектов. Беспилотные технологии позволяют проводить обследование высотных конструкций, мостовых пролетов и труднодоступных элементов зданий без необходимости использования подъемных механизмов и нахождения персонала в опасных зонах. Методы лазерного сканирования и фотограмметрии [6], реализуемые с помощью БПЛА, обеспечивают полный переход к дистанционному мониторингу строительных объектов.

Адаптивность БПЛА к различным погодным условиям открывает возможности для мониторинга в периоды, когда традиционные методы неприменимы. Оснащенные защищенным оборудованием, БПЛА способны проводить съемку во время осадков и в условиях плохой видимости, обеспечивая непрерывность сбора данных в критически важные периоды строительства или обследования [7].

Технологии лазерного сканирования и фотограмметрии, установленные на БПЛА, позволяют получать детализированные данные о состоянии объектов. Например, при обследовании мостов или высотных зданий они помогают выявлять геометрические отклонения на ранних стадиях, что способствует своевременному устранению потенциальных проблем.

Современные технологии воздушного мониторинга помогают значительно снизить количество ошибок на стадии проектирования. Получение актуальных цифровых моделей строительных площадок и своевременное выявление расхождений между проектной и фактической геометрией объектов позволяют прогнозировать поведение конструкций под различными нагрузками. Практический опыт показывает, что использование ортофотопланов [6] и трехмерных моделей способствует предотвращению значительной части типичных проектных ошибок, характерных для традиционных методов работы. Одним из важнейших аспектов, который выделяет БПЛА среди других технологий, является их гибкость и многофункциональность. С помощью БПЛА можно выполнять широкий спектр задач, включая создание топографических карт, планов территорий, а также мониторинг различных инженерных объектов. Таким образом, гибкость и многофункциональность БПЛА (от создания топопланов до мониторинга объектов) вносят ключевой вклад в повышение точности и снижение рисков на всех этапах инвестиционно-строительного цикла.

Установленные на БПЛА инфракрасные камеры и мультиспектральные сенсоры переводят мониторинг на качественно новый уровень, позволяя дистанционно анализировать состояние конструкций. Выявляемые тепловые аномалии, такие как перегрев узлов или утечка тепла, служат индикаторами скрытых дефектов: нарушения теплоизоляции, применения некачественных материалов или локальных напряжений. Дополнительное оснащение газоанализаторами позволяет предупредить аварии и травмы, что в комплексе значительно повышает уровень промышленной безопасности.

БПЛА также эффективны при мониторинге экологической обстановки, например при отслеживании состояния зеленых территорий или проверке трубопроводов [8] на наличие утечек. С помощью инфракрасных камер можно оперативно обнаружить утечку газа или воды, что позволяет вовремя предотвратить аварии и минимизировать ущерб для окружающей среды.

Технологии и оборудование для БПЛА в строительстве

С развитием технологий БПЛА строительная отрасль значительно улучшила процессы съемки, мониторинга и контроля [9] на различных этапах строительства. Это позволило активно внедрить беспилотные системы для геодезических изысканий, анализов и проектирования [10] строительных объектов.

Особую ценность представляет способность БПЛА выполнять детальную аэрофотосъемку с созданием ортофотопланов и топографических материалов, необходимых для качественного проектирования и оперативного контроля строительных процессов. Современные мультиспектральные камерные системы обеспечивают получение всесторонних данных о состоянии объектов и окружающей их инфраструктуры, что особенно важно при реализации сложных градостроительных проектов [11]. Использование мультиспектральных камер позволяет не только выполнять стандартную фотосъемку, но и исследовать материалы, выявляя возможные дефекты и повреждения [12]. Это закладывает основу для управления объектом на всем его жизненном цикле – от проектирования энергосберегающих решений [13] до диагностики конструкций в процессе эксплуатации.

Для создания цифровых моделей объектов БПЛА могут оснащаться лазерными сканерами, включая технологию LiDAR. Эти решения особенно эффективны для обследования крупных инфраструктурных объектов, где традиционные методы требуют значительных временных затрат.

БПЛА активно применяются на различных этапах строительства. Их использование позволяет оптимизировать процессы мониторинга и контроля, одновременно повышая безопасность работ. Например, при обследовании дорожного покрытия аэрофотосъемка с БПЛА обеспечивает высокую детализацию данных о деформациях и повреждениях, что недостижимо при визуальном осмотре с земли.

Современные БПЛА интегрируются с геодезическими системами, что расширяет их функциональные возможности при выполнении строительных и изыскательских работ. Оснащение беспилотников дифференциальными GPS-приемниками позволяет получать пространственные данные, соответствующие требованиям нормативной документации. Такие системы успешно применяются для создания цифровых моделей местности [14] и оперативного контроля соответствия строительных работ проектным решениям.

Использование дифференциального GPS в сочетании с геодезическими сетями расширяет область применения БПЛА в сложных условиях строительных площадок. Это решение ускоряет процесс сбора пространственных данных и их последующее использование в проектировании. Интеграция с ТИМ-системами обеспечивает эффективную обработку информации и поддержку принятия решений на всех этапах строительства.

Для обработки данных, полученных с БПЛА, используются специализированные программные комплексы, такие как Agisoft Metashape, Pix4D и другие. Эти программы позволяют проводить обработку аэрофотоснимков, генерировать цифровые модели местности и выполнять анализ данных, полученных с помощью БПЛА. Современные программные решения обеспечивают синхронизацию данных и интеграцию в систему ТИМ, что существенно улучшает проектирование и мониторинг [15].

Программное обеспечение помогает производить не только базовую обработку данных, но и глубокий анализ изменений на строительных объектах. Например, с помощью

таких программ можно строить прогнозные модели развития деформаций, что позволяет заблаговременно планировать превентивные меры и оптимизировать ресурсы на этапе эксплуатации.

Практические примеры использования БПЛА в строительных проектах

Использование БПЛА обеспечивает сквозное документирование строительного процесса. Получаемые ортофотопланы и 3D-модели служат объективным доказательством соответствия выполненных работ проектной документации. Это особенно важно для разрешения спорных ситуаций, связанных с объемами и качеством работ, а также для формирования отчетности для надзорных органов [16].

В проектах по строительству высотных зданий и инфраструктуры БПЛА используются для оперативного создания актуальных цифровых моделей местности [17]. Это позволяет своевременно корректировать проектные решения и контролировать соответствие возводимых конструкций проектным параметрам.

Для реставрации исторических зданий БПЛА с лазерными сканерами и инфракрасными камерами используются для создания 3D-моделей, что позволяет выявить дефекты без угрозы повреждения объектов. Это способствует сохранению культурного наследия при минимальном вмешательстве в структуру зданий.

БПЛА активно применяются для мониторинга промышленных объектов, например энергетических систем и дымовых труб, что позволяет снизить аварийность и повысить безопасность [18]. Оснащенные газоанализаторами, они способны дистанционно контролировать выбросы вредных веществ и обнаруживать утечки опасных газов, обеспечивая экологический мониторинг и соблюдение нормативов [19].

Заключение

Использование беспилотных летательных аппаратов в строительстве открывает новые возможности для оптимизации процессов контроля качества и мониторинга. Современные технологии, такие как лазерное сканирование и аэрофотосъемка с БПЛА, позволяют получать актуальные данные о состоянии объектов на всех этапах, обеспечивая при этом безопасность проведения работ.

Новые технологии, такие как LiDAR, инфракрасные камеры и мультиспектральные сенсоры, позволяют решать задачи, которые раньше требовали значительных затрат времени и ресурсов. Внедрение этих технологий в строительную практику способствует повышению безопасности на объектах, улучшению качества проектирования и ускорению всех этапов работы – от изысканий до сдачи объекта в эксплуатацию.

Несмотря на все преимущества, интеграция технологии БПЛА в строительный процесс требует дополнительных усилий в плане обучения специалистов и адаптации существующей нормативной базы. Тем не менее, учитывая высокую эффективность и значительный потенциал этих технологий, можно ожидать их дальнейшее широкое применение в строительстве, что будет способствовать улучшению качества и ускорению процессов возведения объектов различной сложности.

В дальнейшем необходимо продолжить работу по совершенствованию нормативных документов, таких как [1], для того чтобы обеспечить полное и безопасное использование БПЛА в различных областях строительства и на всех стадиях жизненного цикла объектов.

Список литературы

1. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 (с Изменением № 2) [интернет]. Режим доступа: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/419095/.

2. Пояснительная записка к проекту Изменения к СП 126.13330.2017 «СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве» [интернет]. Режим доступа: https://rst.gov.ru:8443/file-service/file/load/1720535441277.

3. *Егорченков А.В.* Опыт создания крупномасштабного ортофотоплана местности со сложным рельефом. Московский экономический журнал. 2022;(3):151–159.

4. *Петров М.В.* Практический опыт использования БПЛА Swinglet производства компании senseFly (Швейцария). В: Интерэкспо Гео-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апр. 2013 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов. Т. 1. Новосибирск: СГГА; 2013, с. 152–157.

5. *Бондаренко В.А.* Особенности производства геодезических изысканий для обеспечения строительства магистральных газопроводов. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2017;(16):172–175.

6. *Гук А.П., Шляхова М.М.* Особенности современного этапа развития средств дистанционного зондирования. Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018;1(4):7–13.

7. *Хубаев А.О., Макаев Н.В., Шевченко Н.В.* Повышение эффективности производства геодезических работ с применением беспилотных летательных аппаратов. Известия ТулГУ. Технические науки. 2024;(2):412–413. https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-2-412-413.

8. *Мотиенко А.И.* Планирование тактической траектории движения автоматизированных робототехнических средств при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2016;(2):139–143.

9. *Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Ананьев С.А.* Дрон-технологии в строительстве – современные решения и возможности. Вестник евразийской науки [интернет]. 2020;(5). Режим доступа: https://esj.today/PDF/37SAVN520.pdf.

10. *Неверова А.Р.* Использование беспилотных летательных аппаратов в кадастре, землеустройстве и градостроительстве. Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017;(2):265–268.

11. *Захлебин А.С.* Методика построения ортофотопланов местности с помощью беспилотного квадрокоптера, оснащенного навигационным геодезическим приемником. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2021;(3):44–49. https://doi.org/10.21293/1818-0442-2021-24-3-44-49.

12. *Гиря Л.В., Трофимов Г.П.* Обследование памятников архитектуры с использованием современных технологий трехмерного сканирования. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022;24(6):35–43. https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-6-35-43.

13. СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий. Москва: Российский институт стандартизации; 2024.

14. ГОСТ Р 52440-2005. Модели местности цифровые. Общие требования. Москва: Стандартинформ; 2006.

15. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла [интернет]. Режим доступа: https://www.niccps.ru/images/materials/Standards/%D0%A1%D0%9F%20333.1325800.2020.pdf.

16. *Кочетков А.В., Семенова Н.С., Иванов А.Ф., Чижиков И.А.* Применение беспилотных летательных аппаратов для обследования объектов транспортной инфраструктуры. Умные композиты в строительстве. 2022;3(4):28–38. https://doi.org/10.52957/27821919_2022_4_28.

17. *Наркевич М.Ю., Логунова О.С., Аркулис М.Б., Сагадатов А.И., Климов С.С., Кабанова В.В., Николаев А.А., Дерябин Д.И.* Прикладная цифровая платформа для оценки динамики качества опасных производственных

объектов на металлургическом предприятии: структура и алгоритмы. Вестник Череповецкого государственного университета. 2022;(5(110)):29–48. https://doi.org/10.23859/1994-0637-2022-5-110-3.
18. *Пономаренко Д.В., Лесных В.В., Бочков А.В.* Современные подходык мониторингу состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов. Проблемы анализа риска. 2018;15(1):6–17. https://doi.org/10.32686/1812-5220-2018-15-1-6-17.
19. *Лебедев Ю.М., Разиньков С.Ю., Вытовтов А.В., Шумилин В.В.* Зарубежный опыт использования микрокамер в инфракрасном диапазоне на БПЛА для обнаружения огня. Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015;(1-1):28–33.
20. *Зарипов А.С.* Особенности создания трехмерной цифровой модели центрального планировочного района города Перми по данным аэрофотосъемки. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2020;25(3):160–168. https://doi.org/10.33764/2411-1759-2020-25-3-160-168.

References

1. SP 126.2017. Geodetic works in building. Updated version of SNiP 3.01.03-84 (with Amendment 2) [internet]. Available at: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/419095/. (In Russian).
2. Explanatory Note to the Draft Amendment to SP 126.13330.2017. Geodetic Work in building. Updated version of SNiP 3.01.03-84 [internet]. Available at: https://rst.gov.ru:8443/file-service/file/load/1720535441277. (In Russian).
3. *Egorchenkov A.V.* Experience of creating a large-scale orthophotoplan of a terrain with complex relief. Moscow Economic Journal. 2022;(3):151–159. (In Russian).
4. *Petrov M.V.* Practical experience of using the Swinglet UAV manufactured by senseFly (Switzerland). In: Inter Expo Geo-Siberia 2013. IX Int. Scientific Congress, April 15–26, 2013, Novosibirsk: Int. Scientific Conf. "Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying": collection of materials. Vol. 1. Novosibirsk: Siberian State Geodetic Academy; 2013, pp. 152–157. (In Russian).
5. *Bondarenko V. A.* Features of producing geodetic surveys to support the construction of main gas pipelines. Vestnik of Polotsk State University. Part F. Constructions. Applied Sciences. 2017;(16):172–175. (In Russian).
6. *Guk A.P., Shlyakhova M.M.* Features of the current stage of development of remote sensing tools. Inter Expo Geo-Siberia. 2018;1(4):7–13. (In Russian).
7. *Khubaev A.O., Makaev N.V., Shevchenko N.V.* Increasing the efficiency of surveying with the use of unmanned aerial vehicles. Izvestiya Tula State University (Izvestiya TulGU). Technical sciences. 2024;(2):412–413. (In Russian). https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-2-412-413.
8. *Motienko A.I.* Planning the tactical trajectory of automated robotic vehicles during emergency response. Belgorod State University. Scientific Bulletin. Series: Economics. Information technologies. 2016;(2):139–143. (In Russian).
9. *Noskov I.V., Noskov K.I., Tienskaya S.V., Ananyev S.A.* Drone technologies in construction - modern solutions and possibilities. The Eurasian Scientific Journal [internet]. 2020;(5). Available at: https://esj.today/PDF/37SAVN520.pdf. (In Russian).
10. *Neverova A.R.* Use of Unmanned Aerial Vehicles in Cadastre, Land Management, and Urban Development. Inter Expo Geo-Siberia. 2017;(2):265–268. (In Russian).
11. *Zakhlebin A.S.* Method to produce orthomosaics of the terrain using a helicopter-type UAV with an on-board navigation geodetic receiver. Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 2021;24(3):44–49. (In Russian). https://doi.org/10.21293/1818-0442-2021-24-3-44-49.
12. *Girya L.V., Trofimov G.P.* Laser 3D scanning of architectural monuments. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Journal of Construction and Architecture. 2022;24(6):35-43. (In Russian). https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-6-35-43.
13. SP 50.13330.2024. Thermal performance of the buildings. Moscow: Russian Institute of Standardization; 2024. (In Russian).
14. State Standard R 52440-2005. Digital terrain models. General requirements. Moscow: Standartinform Publ.; 2006. (In Russian).

15. SP 333.1325800.2020. Building information modeling. Modeling guidelines for various project life cycle stages [internet]. Available at: https://www.niccps.ru/images/materials/Standards/%D0%A1%D0%9F%20333.1325800.2020.pdf. (In Russian).
16. *Kochetkov A.V., Semenova N.S., Ivanov A.F., Chizhikov I.A.* Unmanned aerial vehicles use for the inspection of transport infrastructure facilities. Smart Comprosite in Construction. 2022;3(4):28–38. (In Russian). https://doi.org/10.52957/27821919_2022_4_28.
17. *Narkevich M.Yu., Logunova O S., Arkulis M. B., Sagadatov A.I., Klimov S.S., Kabanova V.V., Nikolaev A.A., Deryabin D.I.* Applied digital platform for assessing the dynamics of the quality of hazardous industrial facilities at a metallurgical enterprise: structure and algorithms. Cherepovets State University Bulletin. 2022;(5(110)):29–48. (In Russian). https://doi.org/10.23859/1994-0637-2022-5-110-3.
18. *Ponomarenko D.V., Lesnykh V.V., Bochkov A.V.* Modern approaches to monitoring the industrial safety of hazardous production facilities. Issues of Risk Analysis. 2018;15(1):6–17. (In Russian). https://doi.org/10.32686/1812-5220-2018-15-1-6-17.
19. *Lebedev Yu.M., Razin'kov S.Yu., Vytovtov A.V., Shumilin V.V.* International experience using infrared microcameras on UAVs for fire detection. Safety issues in emergency response. 2015;(1-1):28–33. (In Russian).
20. *Zaripov A.S.* Creating a three-dimensional digital surface model of the central planning district of Perm based on aerial survey data. Vestnik SSUGT (Siberian State University of Geosystems and Technologies) [Internet]. 2020;25(3):160–168. (In Russian). https://doi.org/10.33764/2411-1759-2020-25-3-160-168.

Информация об авторах / Information about the authors

Антон Сергеевич Барков✉**,** ведущий специалист 2-го разряда, производственное управление № 1, филиал общества с ограниченной ответственностью «РН-Стройконтроль», Тюмень
e-mail: barkovanton1997@gmail.com
Anton S. Barkov✉**,** 2nd Category Leading Specialist, Production Department No. 1, Tyumen Branch of the RN-Stroikontrol LLC, Tyumen
e-mail: barkovanton1997@gmail.com

Александр Сергеевич Заболотников, ведущий специалист 2-го разряда, производственное управление № 1, филиал общества с ограниченной ответственностью «РН-Стройконтроль», Тюмень
Aleksandr S. Zabolotnikov, 2nd Category Leading Specialist, Production Department No. 1, Tyumen Branch of the RN-Stroikontrol LLC, Tyumen

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author