

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №5, Том 12 / 2020, No 5, Vol 12 <https://esj.today/issue-5-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/37SAVN520.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Ананьев С.А. Дрон-технологии в строительстве – современные решения и возможности // Вестник Евразийской науки, 2020 №5, <https://esj.today/PDF/37SAVN520.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Noskov I.V., Noskov K.I., Tinenskaia S.V., Ananiev S.A. (2020). Dron-technologies in construction – modern solutions and opportunities. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(12). Available at: <https://esj.today/PDF/37SAVN520.pdf> (in Russian)

УДК 699.822

Носков Игорь Владиславович

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия
Заведующий кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: noskov.56@mail.ru

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=182140

Носков Кирилл Игоревич

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия
Магистрант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»
E-mail: nki88@yandex.ru

Тиненская Софья Валерьевна

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия
Магистрант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»
E-mail: sotin96@bk.ru

Ананьев Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия
Старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства»
E-mail: ananda_hasita@mail.ru

Дрон-технологии в строительстве – современные решения и возможности

Аннотация. В статье приводятся исследования использования современных дронов или беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для эффективной работы в областях архитектурного проектирования, управления строительством и мониторинга. Авторами разъяснены важные основы для разработки полностью автоматизированной системы интеллектуального строительства и отчетности, помощи в планировании строительства и оптимизации затрат, выставление счетов, контроль и другие важные практические функции, основанные на данных в реальном времени, полученные строителями непосредственно с использованием современных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или дронов. Получение данных в виде фотографий дронов из разных мест и облаков точек (трехмерного сканирования строительной площадки) для дальнейшего использования и построения трехмерной модели методами фотограмметрии. В статье показан принцип работы сравнения «модели дрона» с BIM-технологиями («информационная модель здания») на различных этапах проектирования и строительства, чтобы отслеживать процесс и контролировать качество работ

в целом. Авторами продемонстрирован процесс создания топографической карты и синхронизация со специальными веб-платформами. В статье приведены основные причины использования дрон-технологий. Описаны проблемы внедрения, положительные и отрицательные стороны использования современных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Авторами рассмотрен основной принцип работы данного решения в строительной отрасли. Проведенный анализ показывает, что в настоящее время сфера дрон-технологий или БПЛА находится под воздействием различных факторов, которые замедляют быстрое внедрение данной технологии, но в ближайшем будущем полностью автоматизируются и заменят людей при выполнении большинства работ, и чем раньше начнется внедрение, тем более высоким будет конкурентное преимущество на рынке.

Ключевые слова: дрон; БПЛА; аппарат; сканирование; мониторинг; автоматизация; строительство; веб-платформы; фотограмметрия; BIM; «живая карта»; топографическая карта; реперы; 3D; моделирование

Современная эпоха научно-технической революции началась в середине XX века и сформировалась к 70-м годам XX века, когда стало наблюдаться наиболее тесное взаимодействие техники и науки, научные достижения внедрялись в различные отрасли деятельности, а также использовались новейшие технологии и автоматизация производства [1].

При научно-технической революции на первый план выходили и выходят искусственные элементы, производством занимались и занимаются машины, а не люди.

Так в последние годы, все больше набирает обороты применение дронов (рисунок 1) или беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в проектировании, строительстве и других смежных к строительству областях. Технический прогресс в проектировании и навигации легковесных и автономных беспилотных летательных аппаратов и дронов привел к их более практичной и экономически эффективной работе в областях архитектурного проектирования, управления строительством и мониторинга за строительством объектов.

Этот тренд наблюдается во всех развитых странах мира.

Беспилотный летательный аппарат представляет собой воздушное судно без пилота, согласно статьи 8 «Конвенции о международной гражданской авиации», которое выполняет полет без командира воздушного судна на борту и либо полностью дистанционно управляется из другого места (с земли, с борта другого воздушного судна, из космоса), либо запрограммировано и полностью автономно.

В настоящее время более 35 % времени практически любой команды строительного проекта тратится на неоптимальные действия – сбор данных, разрешение и устранение ошибок. Это создает задержки по времени выполнения проекта.

Устранить разрыв между человеческим воображением и осязаемой реальностью – актуальная задача, к решению которой необходимо стремиться. Сегодня разрабатываются и создаются новые способы, чтобы расширить возможности человечества с помощью создания инновационного программного обеспечения и автоматизации, превратить планы строительства в реальность наиболее эффективным и действенным способом [2].

При использовании новых дрон-технологий, инжиниринговые и строительные компании получают больше контроля над выполнением проектных решений за счет:

- снижения нагрузки на геодезическое сопровождение и контроль качества строительных работ;
- увеличения производительности труда строительных подразделений;

- снижения рисков, связанных с планированием и качеством работ.



Рисунок 1. БПЛА (Propeller PPK, беспилотник DJI Phantom 4 RTK) (<https://www.dji.com/ru/phantom-4-pro>)

Сегодня заложены важные основы для разработки полностью автоматизированной системы интеллектуального строительства и отчетности, основанной на данных в реальном времени, полученных строителями непосредственно с БПЛА и дронов [11].

Данные в виде фотографий, полученных дронами из разных мест и облаков точек (трехмерного сканирования строительной площадки) могут быть использованы для построения трехмерной модели методами фотограмметрии (рисунок 2).

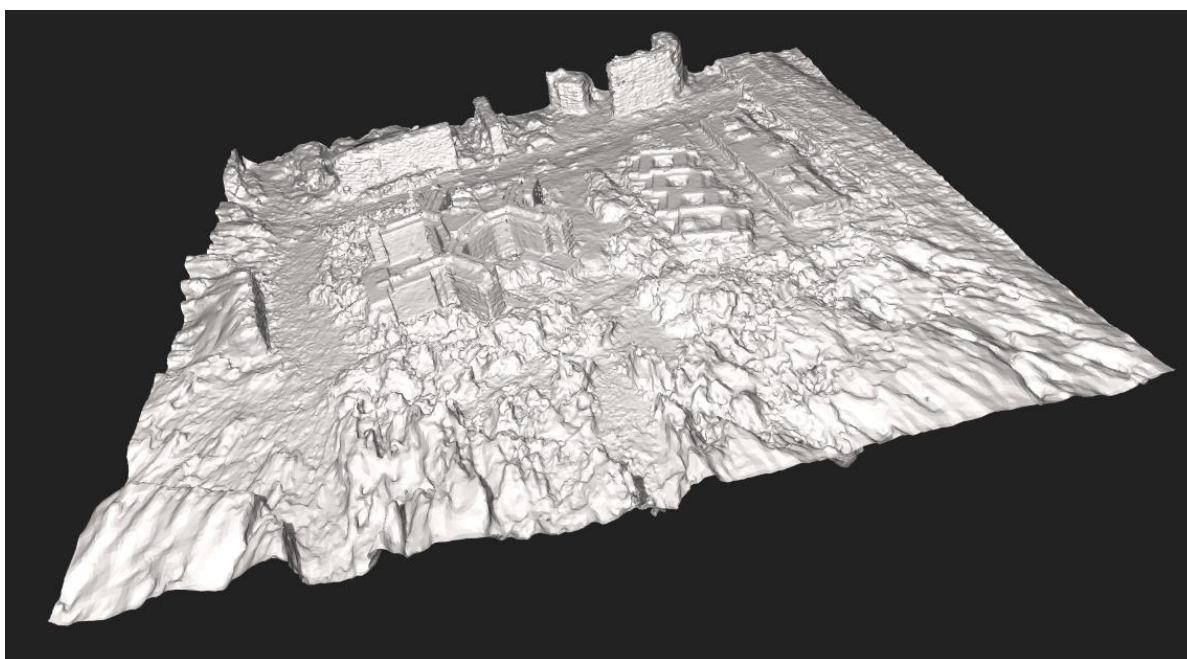


Рисунок 2. Трёхмерная модель здания, полученная методом фотограмметрии по фотографиям с БПЛА (разработано автором)

Эту, так называемую «модель дрона», можно сравнить с моделью BIM («информационная модель здания») на различных этапах проектирования и строительства,

позволяющую отслеживать процесс строительных работ и контролировать качество выполнения работ в целом.

Помимо помощи в планировании строительства и оптимизации затрат, это сравнение может быть расширено, включая запись в режиме реального времени, отчетность или выставление счетов, контроль и другие важные практические функции [4].

Принцип работы данной технологии (рисунок 3) состоит в следующем:

- с помощью БПЛА, сканируется строительная площадка, чтобы в течение нескольких часов создать трехмерное изображение с высоким разрешением;
- специальная платформа сравнивает полученную топографическую съемку, полученную БПЛА с проектной документацией;
- проектировщики используют эту платформу, чтобы получить необходимую информацию для решения задач, уникальных для каждой роли – менеджеров проектов, мастеров и прорабов, инженеров и т. д.

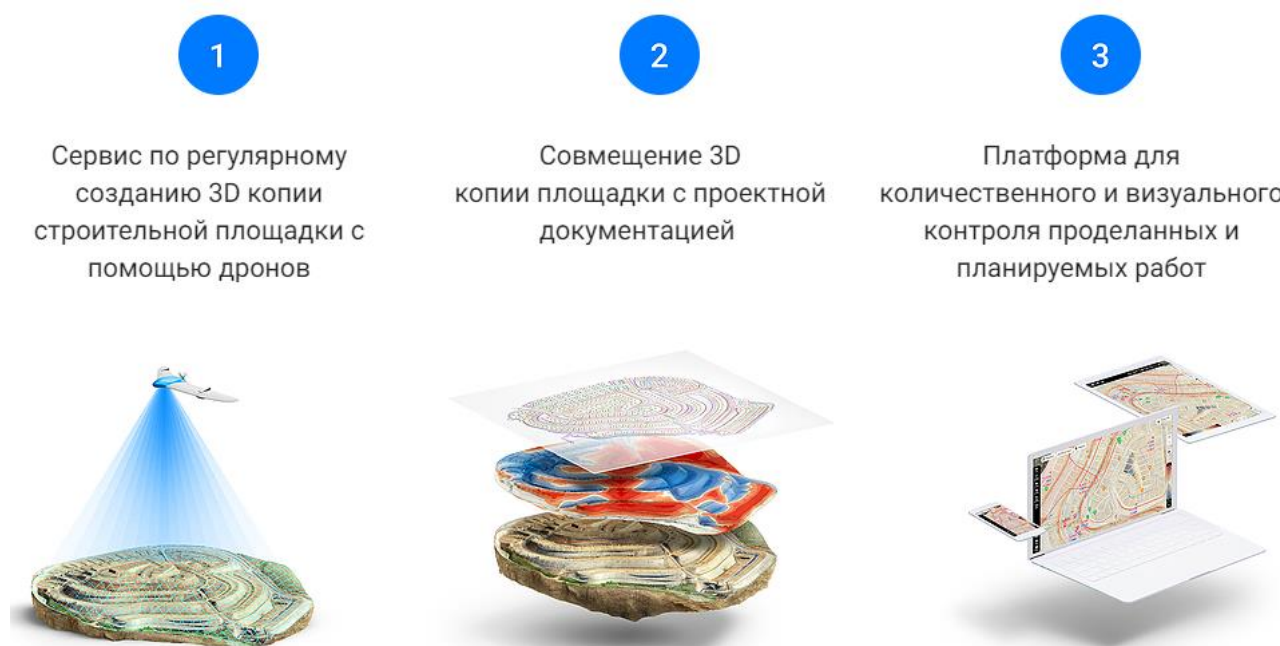


Рисунок 3. Принцип работы дрон-технологии

(<https://medium.com/@traceair/how-traceair-platform-brings-construction-site-at-your-fingertips-f586abafc4ce>)

Почему эффективно использовать данные, полученные с помощью БПЛА:

- Создание топографической карты для выполнения проектных решений может быть дорогостоящим и неэффективным при ее составлении вручную. Обычно на ее создание уходит не менее 10–15 дней и информация может быть к началу проектирования неточной, так как в течение этого времени может измениться топографическая обстановка.
- Топографическая карта, выполненная вручную, значительно дороже, учитывая необходимость обработки больших объемов данных. Потенциальные отклонения при обработке данных вручную, могут существенно повлиять на расчеты объемов, что, в свою очередь, может привести к задержкам строительства и дополнительным расходам [12].
- БПЛА представляет собой простой в использовании аппарат для копирования реальности. Создание топографической карты с помощью БПЛА занимает всего несколько

часов, является безопасным и стоит более чем в два раза дешевле, чем варианты топографических карт, сделанных вручную. Одиночный БПЛА позволяет проектировщику увидеть трехмерную топографическую карту почти в реальном времени менее чем за 24 часа [3]. Карта получается: 3D, цифровой, полноцветной, с точностью до 0.10 футов (~3,5 см), может регулярно обновляться в процессе работы. Благодаря обновляемой «живой» карте и специальной платформы, подкрепленной точными данными, отображаемыми на трехмерных цветных изображениях, проектировщик имеет точное представление о самом последнем состоянии платформы. Затем платформа автоматически сравнивает полученную карту с чертежами, чтобы на ходу проводить важные измерения, находить ошибки, отслеживать изменения и планировать следующие шаги при проектировании.

Это также помогает строительным подразделениям получать информацию в полевых условиях в режиме реального времени и быстрее принимать решения, что приводит к снижению затрат и более эффективному завершению строительных работ (рисунок 4).



Рисунок 4. Сканирование строительной площадки (<https://id.foursquare.com/v/one-time-development-company/5a5ccf3f42d8c2565f680676?openPhotoId=5a5cf3acb3d8e2301fa82686>)

Более подробно рассмотрим процесс создания топографической карты:

1. Заранее прописывается задание для дрона, для этого используется специальная веб-платформа, в которой задаются границы района работ, высота сканирования с учетом особенностей рельефа местности или близлежащих объектов.
2. Для точности определения координат используются (рисунок 5) опорные точки (реперы). Они обозначаются вокруг и внутри территории съемки по разработанной схеме, сделанной специалистами – геодезистами.



Рисунок 5. Опорные точки (реперы) (<https://geoplys.ru/uslugi/aerosemka/amp/>)

3. Данные точки составляют своеобразный каркас (рисунок 6), оптимизируют и уравнивают положение снимков в пространстве для использования в фотограмметрических программах. В результате получается одно большое изображение, полностью отображающее действительность, на основе которого строится цифровая модель местности и ортофотоплан. Точность результата зависит в огромной степени именно от точности определения координат опорных точек [13].



Рисунок 6. Опорные точки на площадке работы дрона (<https://banumukhtar.com/news/banumukhtar-joins-hands-with-turkish-counterparts-for-construction-of-hayat-kimya-green-field-project-at-fiedmc/>)

4. В итоге сканирования дроном территории получается плотное облако точек, в котором выделяют их центры для создания цифровой модели (рисунок 7).

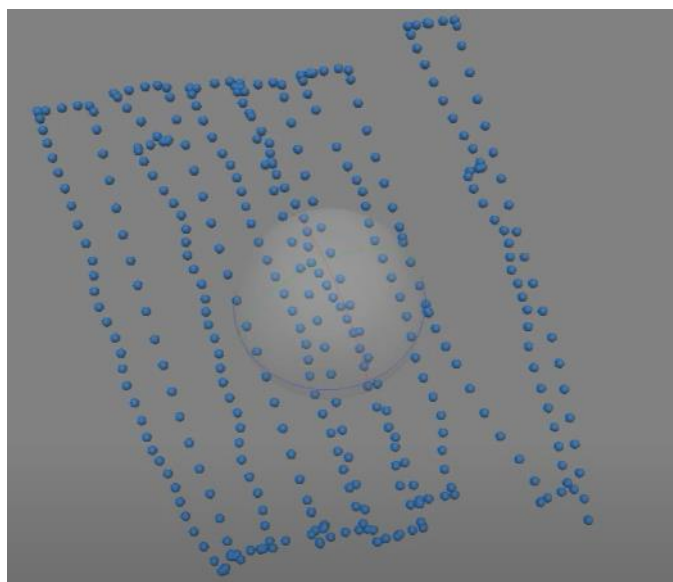


Рисунок 7. Основные центры облака точек (разработано автором)

5. При использовании беспилотника можно осуществлять полный мониторинг строительной площадки: логистику транспортных развязок, расположение и перемещение строительных материалов, а также делать расчеты со строительной площадки – объемы выполненных работ, изменения в строительном процессе (рисунок 8). С использованием специальных веб-платформ удобно следить за процессом и стадиями готовности объекта [5].

6. На этапе завершения строительства БПЛА можно применять для заключительной оценки выполненных работ, контроля воздействия на окружающую среду и составления необходимой отчетности [6]. Производить анализ и сравнение BIM-модели с графиком выполнения работ на строительной площадке, контролировать строительный процесс (рисунок 9).

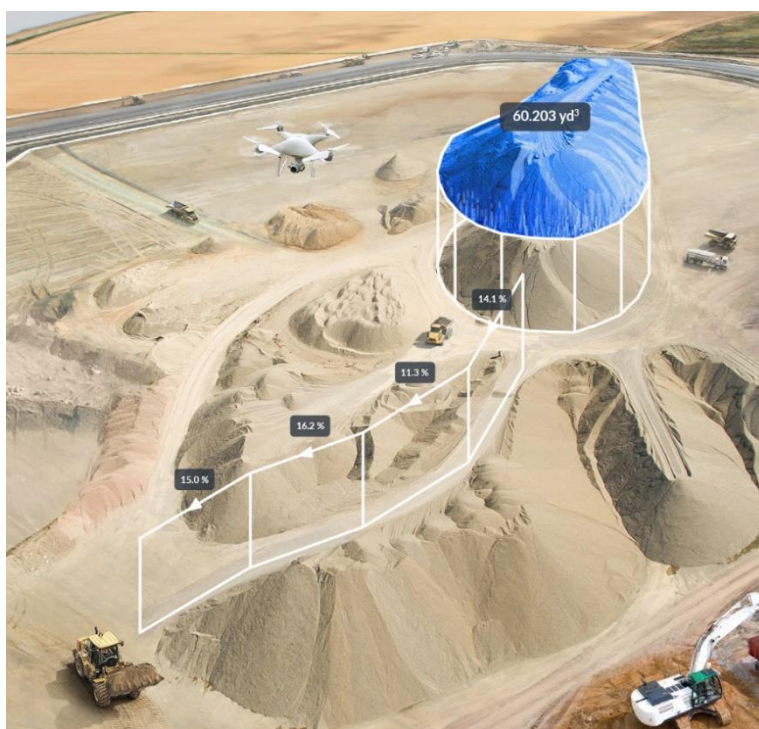


Рисунок 8. Определение и контроль объёма работ на строительной площадке (<https://sovzond.ru/press-center/news/corporate/5117/>)

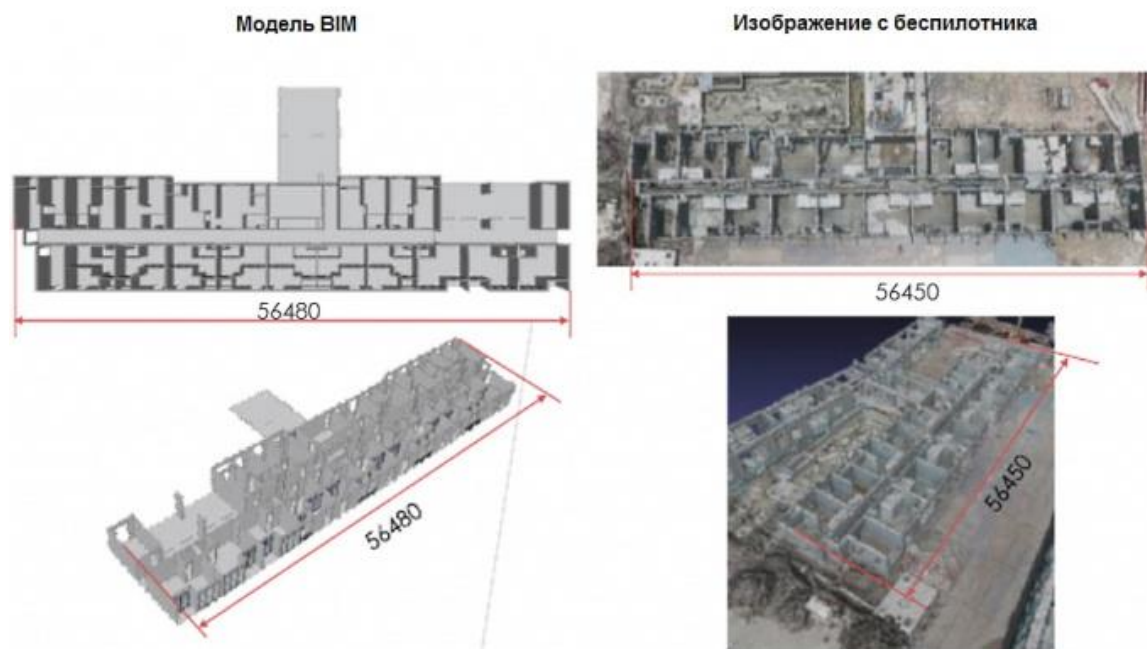


Рисунок 9. Сравнение плана и графика строительства с BIM-моделью
(<https://storebe.ru/blog/drony-i-kvadrokoptery/aerofotosemka-s-drona-v-stroitelstve-i-proektirovanii/>)

Основные преимущества использования дрон-технологий в строительстве:

- - короткие сроки выполнения;
- - безопасность труда в строительстве (применение дронов востребовано при работе на высотных и труднодоступных территориях и объектах, где кроме сложности самих работ, существует серьезная проблема получения травм от падения с высоты) [7];
- -диагностика технического состояния кровель и крыш строительных объектов и выявление теплопотерь в зданиях[8];
- -эффективное применение для обследования труднодоступных высотных сооружений снаружи (фабричных труб, высотных зданий, плотин и мостов, а также вышек и мачт с оборудованием систем сотовой связи, ветроэлектростанций, их лопастей, опор, контроля технического состояния башенных кранов и т. п.)¹ [10–12].

В настоящее время эксплуатация БПЛА и применение дрон-технологий связана с рядом проблем и ограничений:

- разрешительный порядок организации полетов (рисунок 10, рисунок 11);
- отсутствие или низкая квалификация кадров, осуществляющих эксплуатацию беспилотных летательных аппаратов (более 80 % всех крушений происходят из-за их неопытности);

¹ Нам сверху видно всё: Clarity from above PwC global report on the commercial applications of drone technology, 2016 (Отчет PwC о коммерческом применении беспилотных летательных аппаратов в мире, 2016) [Электронные данные]. – Режим доступа: www.dronepoweredolutions.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

- необходимость присутствия работающего с БПЛА на территории съемки (для этого приходится учитывать логистику, транспортные расходы и зависимость от погоды) [9];
- суровые погодные условия (сильные ветры и пыль, равномерный снежный покров, влияющий на качество съемок и, соответственно, полученные результаты).

Страна	Возможность коммерческих полетов	Обязательная лицензия на полеты	Возможность выполнять полеты за пределами прямой видимости оператора	Обязательная лицензия на полеты за пределами прямой видимости оператора	Обязательное страхование коммерческих полетов	Обязательное обучение пилотов для получения лицензии
Польша	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Великобритания	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Китай	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Канада	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Германия	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Франция	✓	✓	✓	✗	✗	✓
ЮАР	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Индонезия	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Австралия	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Бразилия	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Мексика	✓	✓	✗	✗	✗	✓
США	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Япония	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Россия	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Аргентина	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Согласно исследованию, проведенному PwC (по состоянию на 31 марта 2016 года)

Рисунок 10. Законы и страны, в которых они приняты

(<https://infourok.ru/prezentaciya-po-geografii-k-uroku-dvizhenie-zemnoy-kori-predmetnaya-liniya-uchebnikov-polyarnyaya-zvezda-1613365.html>)

Страна	Надзорный орган	Регистрация беспилотного летательного аппарата
Аргентина	Государственное управление гражданской авиации	✓
Австралия	Управление по безопасности гражданской авиации	✗
Бразилия	Управление по контролю воздушного пространства	✗
Канада	Министерство транспорта Канады	✗
Китай	Управление гражданской авиации Китая	✓
Франция	Министерство экологии	✗
Германия	Федеральное управление авиации	✗
Индонезия	Генеральный директор по авиоперевозкам	✓
Япония	Управление гражданской авиации Японии	✗
Мексика	Генеральная дирекция гражданских авиоперевозок Мексики	✗
Польша	Агентство аэронавигационного обслуживания Польши	✗
Россия	Федеральное агентство воздушного транспорта	✓
ЮАР	Управление гражданской авиации ЮАР	✗
Турция	Генеральная дирекция гражданской авиации Турции	✓
Великобритания	Управление гражданской авиации	✗
США	Федеральное управление гражданской авиации	✓

Согласно исследованию, проведенному PwC (по состоянию на 31 марта 2016 года)

Рисунок 11. Требования к регистрации беспилотных летательных аппаратов в разных странах (<https://infourok.ru/prezentaciya-po-geografii-k-uroku-dvizhenie-zemnoy-kori-predmetnaya-liniya-uchebnikov-polyarnyaya-zvezda-1613365.html>)

Выводы

1. При исследовании работ в области применения дрон-технологий в строительстве, становится очевидно, что благодаря таким инновациям, как БПЛА и мощный искусственный интеллект, 3D-печать, быстровозводимые дома и автоматизированное оборудование, строительство, является идеальной средой для демонстрации результатов научно-технической революции.

2. Зарубежный опыт, в том числе применение дронов для проектирования и строительства зданий и сооружений, показывает, что полностью автоматизированная система может сократить затраты и усилия для процедур мониторинга и отчетности при возведении объектов. Кроме того, контроль за строительными площадками при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет выявлять случаи нарушения границ застройки и устанавливать, надлежащим ли образом осуществляется хранение и транспортировка материалов. Информация с БПЛА обрабатывается автоматически, и инвесторы могут быстро получить комплексные данные, необходимые для оперативного принятия мер и эффективного анализа полученных результатов.

3. Технология беспилотных летательных аппаратов дает инвесторам возможность контролировать работу подрядчиков и получать полную, достоверную документацию, которая, при необходимости, может служить в качестве доказательств при разрешении споров в суде.

4. Если сейчас работа геодезиста заключается в непростой работе с нивелирами и теодолитами, использованием штативов и 3-х метровых реек, то в ближайшем будущем с данными и многими другими задачами будут успешно справляться БПЛА и дрон-технологии.

5. Таким образом, использование дрон-технологий в строительстве, в мире и в России становится неизбежным будущим строительной отрасли, и чем раньше начнется внедрение, тем более высоким будет конкурентное преимущество на строительном рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Н.И., Емельянова О.В., Яцун С.Ф., Савин А.И. Исследование колебаний квадрокоптера при внешних периодических воздействиях // *Фундаментальные исследования*. №1. 2014. С. 28–32.
2. Попов Н.И., Емельянова О.В., Яцун С.Ф., Савин А.И. Исследование движения квадрокоптера при внешнем периодическом воздействии // *Справочник. Инженерный журнал (с приложением)*. С. 12–17.
3. Ефимов С.В., Яцун С.Ф., Наумов Г.С. Кинематический анализ пространственного анализа пространственного движения крыла орнитоопера // *Вибрация – 2014. Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: матер. XI междунар. науч.-тех. конф. в 2т. Т.2 / ФГБОУ ВПО ЮЗГУ. – Курск, 2014. С. 273–281.*
4. Ефимов С.В. Исследование управляемого синхронного движения летающего робота с машущим крылом при взлете / Ефимов С.В., Поляков Р.Ю., Мозговой Н.В. // *Электротехнические комплексы и системы управления* №3(35). 2014 – С. 28–33.

5. Ефимов С.В., Яцун С.Ф., Наумов Г.С. Моделирование одного из вариантов движения крыльев орнитоопера во время полета // Вибрация – 2014. Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: матер. XI междунар. науч.-тех. конф. в 2 т. Т.2 / ФГБОУ ВПО ЮЗГУ. Курск. 2014. С. 205–219.
6. Карякин В.Ф., Пири С.Д., Былин И.П. Инженерно-геодезические и инженерногеологические изыскания в строительстве. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 88 с.
7. Барбасов В.К., Гаврюшин М.Н., Дрыга Д.О. и др. Многооторные беспилотные летательные аппараты и возможности их использования для дистанционного зондирования Земли // Инженерные изыскания. – 2012. – № 10. – С. 38–42.
8. Николаева О.Н. Пространственная интерпретация природно-ресурсных данных при разработке картографического обеспечения для управления природопользованием // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 2 (34). – С. 105–110.
9. Ткачева О.А., Плаксицкий Е.П. Геоинформационные системы в государственном управлении земельными ресурсами // Инновационное развитие агропромышленного комплекса и аграрного образования: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова». – Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова», 2011. – С. 223–227.
10. Карпик А.П., Осипов А.Г., Мурзинцев П.П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе: монография. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 280 с.
11. How TraceAir Platform Brings Construction Site At Your Fingertips, 2020 [Электронные данные]. – Режим доступа: www.traceair.net – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
12. Bracing for 2020: Past, Present, and Future of Drones in Construction, 2020 [Электронные данные]. – Режим доступа: www.propelleraero.com – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

Noskov Igor Vlalislavjdich

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia
E-mail: noskov.56@mail.ru

Noskov Kirill Igorevich

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia
E-mail: nki88@yandex.ru

Tinenskaia Sofia Valerievna

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia
E-mail: sotin96@bk.ru

Ananev Sergey Anatolevich

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia
E-mail: ananda_hasita@mail.ru

Dron-technologies in construction – modern solutions and opportunities

Abstract. Research is given on the use of modern drones or the unmanned aircraft system (UAS) for efficient work in the areas of architectural design, construction management and monitoring. The important foundations for the development of a fully automated system of intelligent construction and reporting, assistance in building planning and cost optimization, billing, monitoring and other important practical functions based on real-time data obtained by builders directly from the use of modern unmanned aerial vehicles (UAS) are explained or drones. Obtaining data in the form of photographs of drones from different places and point clouds (three-dimensional scanning of a construction site) was further used to construct a three-dimensional model using photogrammetry methods. The principle of the comparison of the “drone model” with BIM-technologies (“building information model”) at various stages of design and construction is shown to monitor the process and control the quality of work as a whole. The process of creating a topographic map and synchronization with special web platforms is shown. The main reasons for using drone technology are given. The problems of implementation, the positive and negative aspects of using modern unmanned aerial vehicles UAS are described. The basic principle of this solution in the construction industry is considered. The analysis shows that at present the sphere of drone technologies or (UAS) is influenced by various factors that slow down the rapid implementation of this technology, but in the near future they will be fully automated and replace people during most of the work, and the sooner the implementation begins, the competitive advantage in the market will be higher.

Keywords: drone; UAS; apparatus; scanning; monitoring; automation; construction; web-platforms; photogrammetry; BIM;” live map”; topographic map; benchmarks; 3D; modeling