

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

2022, №3, Том 14 / 2022, No 3, Vol 14 <https://esj.today/issue-3-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/17SAVN322.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бреус, Н. Л. Технологии беспилотного пилотирования при контроле строительства и эксплуатации линейных объектов капитального строительства / Н. Л. Бреус, А. Е. Токарев, А. А. Токарев // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/17SAVN322.pdf>

For citation:

Breus N.L., Tokarev A.E., Tokarev A.A. Technologies of unmanned pilot in the construction and operation control of linear capital construction objects. *The Eurasian Scientific Journal*, 14(3): 17SAVN322. Available at: <https://esj.today/PDF/17SAVN322.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 625.7

Бреус Наталья Леонидовна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Старший преподаватель базовая кафедра АО «Мостострой-11»

Кандидат экономических наук

E-mail: natalya.breus@ms11.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1036827

Токарев Алексей Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент кафедры «Строительных конструкций»

Член союза архитекторов России

E-mail: aetokarev65@gmail.com

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1061060

Токарев Андрей Алексеевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Магистрант 2 курс базовая кафедра АО «Мостострой-11»

E-mail: tokarev1998@gmail.com

Технологии беспилотного пилотирования при контроле строительства и эксплуатации линейных объектов капитального строительства

Аннотация. Статья посвящена проблеме определения реальной эффективности использования беспилотных аппаратов (БПЛА), в условиях контроля строительства и эксплуатации линейных объектов капитального строительства. Актуальность и научная новизна исследования заключается в анализе практических возможностей применения в сфере строительства технологий беспилотного пилотирования в динамике, в определении условий эффективного применения и внедрения инноваций, связанных с БПЛА, в условиях развития компьютеризации на строительном производстве.

Исследование осуществлялось по результатам анализа научной литературы по теории архитектуры, технологии строительного производства, а также обобщения опыта практического использования БПЛА. Были использованы такие методы научного исследования как описательный, метод анализа и синтеза литературы.

В статье проанализированы реальные возможности технологий БПЛА в современном строительстве, установлены условия применения технологии БПЛА обеспечивающих

выполнение задач материально-финансового контроля в процессе дорожного строительства и эксплуатации.

Также выявлены дополнительные ресурсы применение технологии БПЛА для снижения аварийности, сохранения окружающей среды при мониторинге линейных объектов в процессе строительства и реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации.

В результате проведённого исследования авторами описаны определённые ограничения применения БПЛА, выявлены условия эффективного применения и реальные возможности использования технологий беспилотного пилотирования при комплексной оценке качества дорожного строительства. Выявлены тридцать три дополнительных критерия применения БПЛА в строительстве линейных объектов и восемь, требующих разработки необходимого оборудования для оснащения аппарата беспилотного пилотирования. Создана матрица трассировки "Материально-финансовый контроль качества линейных объектов с использованием технологии БПЛА".

Ключевые слова: цифровые технологий; дистанционный контроль; беспилотное пилотирование; дрон; линейный объект; материально-финансовый контроль; параметры оценки качества

Введение

Сегодня стало очевидным, что в сложившейся ситуации для развития капитального строительства в России необходимо использовать цифровые технологии дистанционного управления и контроля в сочетании с новыми научными разработками. Актуальность данного исследования можно понять из выступления В.В. Путина на совещании о мерах социально-экономической поддержки регионов: "Когда предприятия берут кредит в банке, то банки следят за ходом работ, за финансовой дисциплиной. Вот здесь нужно обязательно наладить контроль со стороны правительственных структур... Нужно безусловно контролировать то, как идут работы и как выполняются планы, под которые выделяются соответствующие ресурсы"¹.

Предметом данного исследования является проблема дистанционного контроля объектов капитального строительства с использованием технологий беспилотного пилотирования при строительстве и эксплуатации линейных объектов, мостов и путепроводов. Была предпринята попытка проследить условия эффективного применения БПЛА в строительной индустрии за период 2017–2021 года. Заявленная тема выводит на две стороны проблемы — первая: возможности цифровых технологий дистанционного управления и контроля при производстве строительных работ; вторая: контроль линейных объектов капитального строительства, мостов и путепроводов с использованием БПЛА. Остановимся кратко на имеющихся разработках по каждой из них.

С 2017 года на страницах научных и специальных изданий активно обсуждаются самые разные аспекты проблемы цифровых технологий в строительстве: основополагающие понятия цифровой экономики, цифрового производства и цифровых технологий, описана своеобразная "эволюция" процесса проектирования в строительстве переход от "бумажных" технологий к системам автоматизированного проектирования и далее к информационному моделированию строительных объектов [1]; рассмотрены способы реализации систем дистанционного управления на основных типах строительных машин, участвующих в процессе строительного производства, включая грузоподъемные краны, фронтальные одноковшовые погрузчики,

¹ Совещание в режиме видеоконференции о мерах социально-экономической поддержки регионов. 16 марта 2022 года, Московская область, Ново-Огарёво.

бульдозеры и одноковшовые экскаваторы [2]; создание и эксплуатация стационарных систем испытаний и долговременного контроля (ИДК) технического состояния несущих конструкций сооружений [3]; активное развитие строительной отрасли происходит с комплексным внедрением цифровых технологий, данный подход заложен в концепции Строительство 4.0, непосредственно связанной с Индустрией 4.0 [4]. В исследовании был проведен анализ возможностей цифровых технологий, для более широкого использования БПЛА при дорожном строительстве в период реновации строительной индустрии.

Переходим к проблеме контроля строительства линейных объектов, мостов и путепроводов с использованием БПЛА. В публикациях, начиная с 2017 года приведены основные способы использования беспилотных летательных аппаратов в сфере строительства и рассмотрены перспективы расширения их функционала. В статьях, опубликованных в 2019 и 2021 годах, приведены результаты опроса строительных зарубежных компаний, внедривших автоматизированный контроль строительной площадки и использующих его на всех этапах жизненного цикла объекта; показан сравнительный анализ использования беспилотных летательных аппаратов в различных странах; приводятся исследования использования современных дронов для эффективной работы в областях архитектурного проектирования, управления строительством. Обозначен потенциал применения машинного обучения и искусственного интеллекта в строительстве, что напрямую связано с применением БПЛА для аэрофотосъемки в сфере промышленного и гражданского строительства, в частности, при обследовании уже построенных зданий. Приводятся примеры экспериментов с БПЛА для задач строительства и экономики, возможности использования таких данных для задач геодезии и картографирования. И, если в научных публикациях периодически обсуждаются аспекты информационного моделирования, мониторинга хода строительства, научно-техническое решение в области диагностики зданий; результаты эксперимента применения БПЛА в целях получения цифровых моделей искусственных дорожных сооружений; актуальные вопросы оптимизации выполнения полетов дистанционно пилотируемых воздушных судов серии «Орлан-10» по протяженным трассам в интересах министерств и ведомств Российской Федерации в различных сферах: военное дело, сельское хозяйство, строительство, геодезия, метеорология, картография, экология, сфера безопасности; внедрение цифровых технологий в различные отрасли и дорожное строительство для повышения конкурентоспособности и экономической эффективности их деятельности, то исследованиям, объединяющим контроль линейных объектов капитального строительства, мостов, путепроводов и использование БПЛА, уделяется не достаточно внимания. В рамках возможностей БПЛА, архитектурно-конструктивного проектирования и хода самих строительно-монтажных работ исследована проблема синтеза применения БПЛА и параметры контроля выполнения планов строительства, под которые выделяются соответствующие финансовые ресурсы [5–14].

Цель. Исследовать условия обеспечения контроля производства работ по строительству дорог, мостов, путепроводов и процесса их эксплуатации. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Выявить возможности технологий дистанционного управления при производстве строительного-монтажных работ.
2. Сформулировать параметры оценки контроля качества возведения линейных объектов капитального строительства.
3. Определить возможности беспилотного пилотирования при выполнении задач контроля в процессе мониторинга объектов дорожного строительства.

Методология

Статья подготовлена по результатам анализа современных отечественных исследований, освещающих вопросы строительной индустрии через специфику цифровизации капитального строительства (Адамцевич Л.А., Воробьев П.Ю., Железнов Е.М., Табаченко А.А., Лаборов В.А., Гамаюнова О.С., Фогель А.А., Чахкиев И.М., Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Ананьев С.А., Аветисян Р.Т., Трегубова Е.Е., Казарян Р.Р., Крамаренко А.В., Краснова К.С.). Методология данного исследования потребовала учитывать прагматический подход к современным технологиям строительства. Решение поставленных задач затронуло и проблемы информационного моделирования в отрасли дорожного строительства (Сараев Д.А., Дубовик Е.С., Королёва И.Б., Шишков В.А., Макаров В.В., Кудряков С.А., Беляев С.А., Романцев В.В., Суконников О.Г., Гулин В.Н., Чиркина Н.И.).

Изучение публикаций вышеперечисленных авторов позволяет сделать вывод, что вопрос применения технологии БПЛА, обеспечивающих выполнение задач материально-финансового контроля в процессе строительства линейных объектов капитального строительства, мостов и путепроводов, мало изучен. Этот предварительный вывод является предпосылкой, основой представленного исследования и указывает на низкую степень разработанности данной проблемы, выявляя актуальность темы исследования.

Результаты

В соответствии с поставленными задачами, исследование проводилось в три этапа.

Первый этап. Возможности практического применения цифровых технологий дистанционного управления и контроля при производстве общестроительных работ и в процессе эксплуатации зданий.

Президент России Владимир Путин еще в 2018 году поручил Правительству осуществить шаги по модернизации строительной отрасли и повышению качества строительства, объем расходов составит 411 млрд. рублей за период до 2024 года².

С 2000 года в строительной индустрии России наблюдается неуклонное старение производственных фондов, да и пандемия замедлила темпы модернизации производства, что повлекло увеличение производственного травматизма. По данным статистики в стране зарегистрировано около 131 тысячи СМУ и ремонтных организаций, предприятий, выпускающих продукцию для строительного комплекса; средств механизации; осуществляющих грузовые и пассажирские перевозки; проектных и научно-исследовательских институтов. На рисунке 1 показана статистика смертельных аварии в различных отраслях экономики.

По количеству специалистов, занятых в строительстве, отрасль находится на четвертом месте за торговлей, сферой услуг и сельским хозяйством. В строительном секторе производственный травматизм даже выше, чем в добывающей промышленности.

В ходе исследования были выявлены факты прямой зависимости безопасности жизни рабочего, охрана труда и цифровых технологий дистанционного управления и контроля производства общестроительных работ. Перечислим эти возможности:

² Федеральный проект "Цифровое государственное управление" (ЦГУ) национальной программы "Цифровая экономика".

- освобождение людей от тяжелого физического труда;
- осуществление опасных, утомительных и неквалифицированных работ;
- уменьшение травматичности;
- эффективное использование человеческих ресурсов;
- освобождение от выполнения работ на высоте;
- ускорение ввода в эксплуатацию строящегося объекта;
- сокращение сроков строительства;
- повышение качества работ.

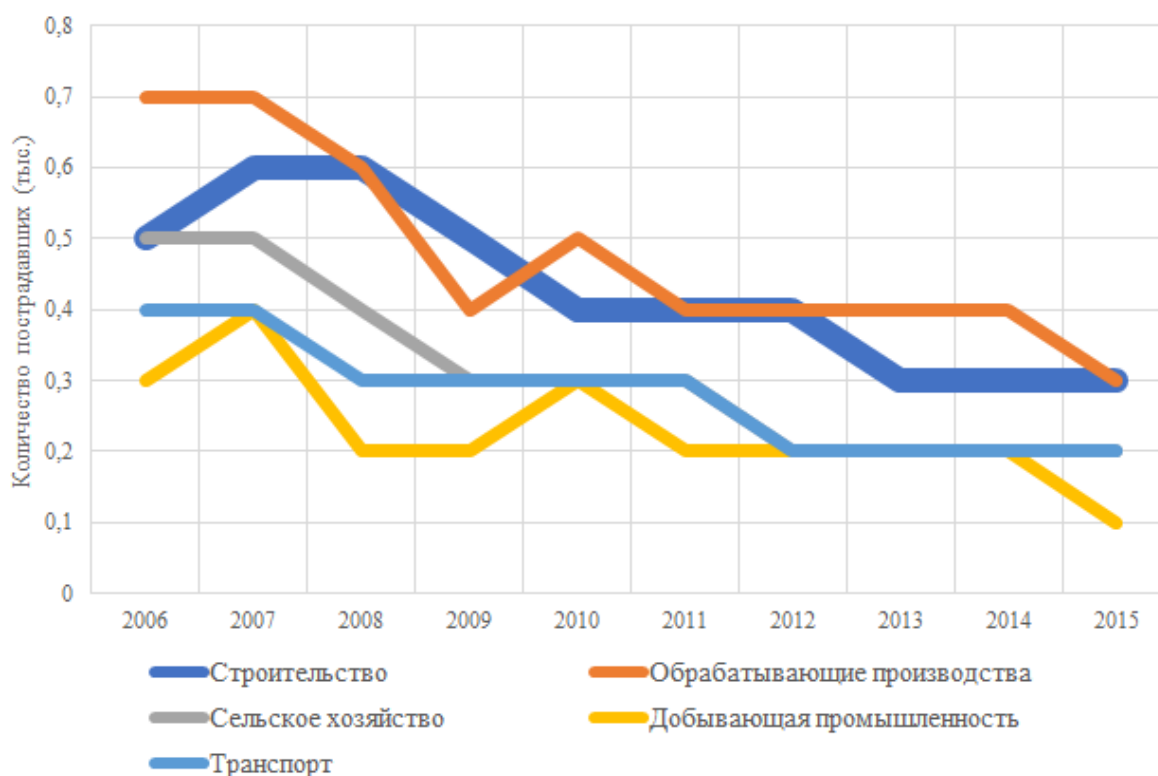


Рисунок 1. Смертельные аварии в различных секторах экономики в России [15]

Работы в сложных климатических условиях приводят к человеческим ошибкам, а именно: обвал грунта при разработке; потеря равновесия строительной техники при разработке отвалов и работе в карьерах; поломка техники при работе по сносу здания; "выход из строя" оборудования при транспортировке; отказ различных систем, обеспечивающих работу строительных машин.

Благодаря искусственному интеллекту с навыком самообучения во время облета строительной площадки, поступает сигнал ответственному если были выявлены факты нарушения, например: отсутствие у рабочего каски или строительные леса без ограждений.

Результатом эффективной автоматизации, роботизации строительства являются:

- улучшение условий труда и безопасности рабочих;
- снижение затрат на оплату труда;

- сокращение число рабочих;
- повышение производительности машин и оборудования;
- сокращение времени простоя техники;
- контроль её технического состояния;
- автоматизация контроля общестроительных процессов;
- увеличение срока службы строительной техники;
- уменьшение количества ремонтных циклов машин и оборудования;
- снижение потребления энергии;
- контроль расход строительных материалов;
- повышение качества СМР;
- соблюдение требуемых режимов рабочих процессов.

Далее остановимся на вопросе мониторинга технического состояния [16] строительных конструкций. Контроль эксплуатационно-технического состояния объектов капитального строительства и оценка этого состояния опирается на нормативную и законодательно-правовую³ основу, определяющую вид и состав работ по обследованию и оценке технического состояния зданий в процессе периода его эксплуатации. Максимально оперативно выполнить поставленные задачи, возможно с использованием цифровых технологий автоматизированных систем мониторинга технического состояния строительных конструкций с использованием отечественного программного обеспечения, что актуально в сложившейся экономической ситуации страны. Применение данных технологий позволяет:

- получать "online" информацию о состоянии несущих и ограждающих конструкций;
- заполнять журнал эксплуатации объекта капитального строительства;
- оперативно решать проектно-конструктивные задачи возникающие в процессе эксплуатации;
- своевременно планировать оптимальные ремонтно-восстановительные работы;
- сократить материально-финансовые расходы на сам процесс мониторинга основных конструкций;
- уменьшить материальные вложения на обеспечение работоспособности несущих и ограждающих конструкций зданий в процессе эксплуатации;
- исключить ситуацию прихода конструкций в аварийное состояние.

Например, Корейский исследовательский институт атомной энергии, предложил использовать робозмею собственного производства, дрон поднимает ее и доставляет в предполагаемое место повреждения, которое становится известным благодаря специальным кабель-датчикам. Робозмея оборудована камерой, управляется дистанционно, способна передвигаться в продольном и поперечном направлении, а также вертикально, обхватив трубу.

³ Статьи 55–24, "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.12.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).

Связку из этих устройств можно использовать, например в промышленных сооружениях, где существуют переплетения труб.

Датчик сигнализирует об области утечки, дрон доставляет робозмею, робозмея проникнет в труднодоступное место и обнаруживает утечку быстрее человека, что в свою очередь ускорит процесс ремонта и позволит сократить денежные расходы, вызванные утечкой.

Таким образом в ходе исследования были выявлены основные результаты применения цифровых технологий дистанционного управления и контроля в строительной отрасли.

Второй этап. Параметры оценки качества дорожного строительства.

Сначала остановимся на понятии *линейный объект*. Понятие линейный объект это структура, континуум участка земли и пространственно-конструктивных компонентов. Из множества систем выделим автомобильную дорогу, мост, путепровод. Они предназначены для движения наземного транспорта с определенными габаритами, нагрузками и скоростями, осуществляющего перевозки пассажиров и грузов.

По статистическим данным Научного центра безопасности дорожного движения МВД России в 2021 году, по причине "плохих дорог", зарегистрировано 67 800 ДТП. Виной чему стали:

- отсутствие или плохая видимости разметки на проезжей части (55,7 %);
- отсутствие дорожных знаков в необходимых местах (23,6 %);
- проблемы с уборкой дорог в осенне-зимний период (16,7 %);
- выезд автотранспортных средств за пределы проезжей части;
- ненадлежащее качества дорожных удерживающих ограждений, качество которых делает их бесполезными для остановки автобусов и крупнотоннажных грузовиков;
- эксплуатационное состояние и обустройство.

Динамика показателей аварийности, связанна с наличием недостатков эксплуатационного состояния и обустройства улично-дорожной сети и железнодорожных переездов показана на рисунке 2⁴.

В результате вышесказанного целесообразно остановиться на стандартах качества, соблюдаемых при сдаче в эксплуатацию после строительства, реконструкции или капитального ремонта линейных объектов.

Эффективность проводимого контроля качества определяется его своевременностью и соответствием требованиям нормативной, проектной и рабочей документации. Использование современных технологий цифрового мониторинга, учитывающих достижения научно-технического развития в дорожном строительстве, поможет снизить зависимость от высококвалифицированного персонала при проведении объективной оценки полученных результатов. Например, используя БПЛА для выполнения ортофотоплана дорожного полотна площадью 40 км² в масштабе 1:500 бригаде из 2 человек для выполнения этой задачи понадобятся сутки. Применяя классические методы геодезического обследования на ту же задачу понадобится несколько человеко-месяцев.

⁴ Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2020 год. Информационно-аналитический обзор. — М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2021, 79 с.

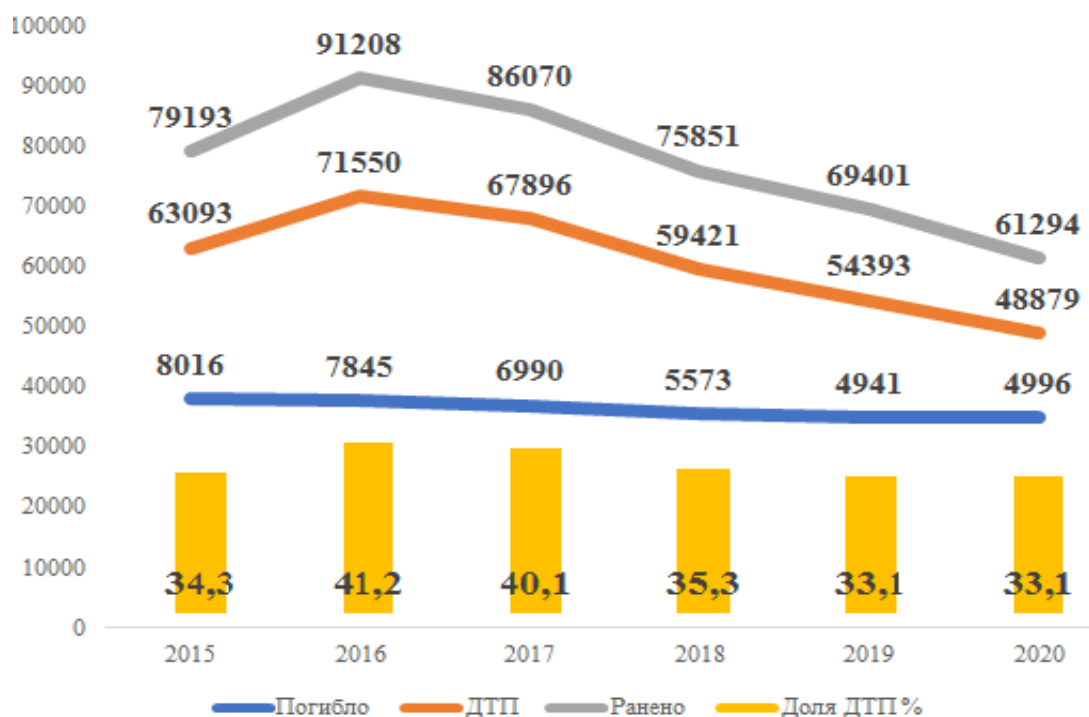


Рисунок 2. Динамика показателей аварийности, связанной с наличием недостатков эксплуатационного состояния и обустройства улично-дорожной сети и железнодорожных переездов

В ходе исследования были определены *конструктивные* параметры контроля при устройстве асфальтобетонного покрытия:

- ровность и плотность обработки грунтового основания, вяжущим составом;
- состав и постоянство толщины "пирога" дорожного покрытия;
- режим уплотнения;
- соответствие установки бортовых камней, решеток и крышек люков колодцев подземных инженерных сетей проектному положению;
- качество сопряжения полос асфальтобетонного покрытия, ширину и поперечный профиль покрытий проверяют через 100 п.м.;
- соответствие поперечного и продольного уклонов проекту, ровность покрытия в продольном и поперечном направлении проверяют через 30–50 м.

Комплексной оценке качества подлежат также все конструктивные элементы искусственных сооружений, земляного полотна, оснований и покрытий дорожных одежд, водоотводных и укрепительных сооружений.

Далее были определены *потребительские* свойства дорог, за которые отвечают транспортно-эксплуатационные показатели. Важно отметить, что оценку потребительских свойств необходимо выполнять в осенне-весенний период года, когда все дефекты проявляются наиболее явно и объективно. К результатам комплексной оценки можно отнести следующие фактические параметры:

- объемно-планировочные показатели (выполнение продольного и поперечного профилей по проектному решению);
- транспортно-эксплуатационное состояние дорог и дорожных сооружений;

- соответствие существующих потребительских свойств требуемым;
- надежность, стабильность, продольная ровность, шероховатость, сцепные качества дорожного покрытия;
- уровень инженерного оборудования и благоустройства.

Комплексная оценка, диагностика потребительских свойств позволяет выявить участки дорог с необеспеченными требованиями, причины снижения транспортно-эксплуатационных показателей и наметить мероприятия по их повышению. Виды комплексной оценки качества автомобильных дорог и результаты, получаемые после её проведения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Виды комплексной оценки качества автомобильных дорог и результаты, получаемые после её проведения

Вид оценки	Результат
Ревизионная	Определение фактического технического и эксплуатационного состояния автомобильной дороги
Сертификационная	Сдача автомобильной дороги в эксплуатацию
Амортизационная	Определение эксплуатационного состояния дороги
Локальная	"По месту"

Таблица 2

Способы проведения диагностики

Способ	Источник
Проектный	Рабочая, проектно-сметная документация, технические паспорта
Натурный	Полевые работы

Осуществленный анализ позволил выявить конструктивные параметры и потребительские свойства автомобильных дорог общего пользования, сформулировать виды и способы проведения комплексной оценки, диагностики в процессе мониторинга дорожного строительства.

Третий этап. Применение технологии БПЛА, при выполнении задач контроля в процессе строительства и эксплуатации линейных объектов.

Продолжая наше исследование, остановимся на понятии беспилотное пилотирование. Беспилотный летательный аппарат (БПЛА), или коптер, дрон оборудован электродвигателем. Отличительной особенностью БПЛА является его способность перемещения в воздухе, для которой не требуется непосредственное пилотирования. Управление аппаратом выполняется с помощью пульта дистанционного управления или бортового компьютера, также некоторые модели БПЛА можно запрограммировать на полностью самостоятельную работу. БПЛА взлетает со специальной стартово-парковочной площадки, на которой он заряжается. Выполняет облет по заранее заложенному в собственную нейросеть маршруту, выполняя определенную функцию. Классификация БПЛА состоит из множества параметров: дальность полета, масса, масса полезной нагрузки, базовый механизм. Существует два типа БПЛА, кардинально отличающихся принципом полета, самолетный и вертолетный. В основе самолетных моделей несущие плоскости-крылья, которые обеспечивают БПЛА высокий, продолжительный полёт большого радиуса. "Беспилотники" вертолетного типа оснащены винтами, главное их преимущество плавность и стабильность полета, возможность "зависать" в воздухе.

Существуют программы и сервисы для полностью автоматизированной системы интеллектуального строительства и отчетности, создания 3D-моделей объектов недвижимости,

методики непрерывного автоматизированного мониторинга и обработки геодезических данных для построения информационной модели [17–20].

В ходе исследования также были определены проблемы применения БПЛА, связанные с рядом ограничений. 80 % всех крушений беспилотных аппаратов происходят из-за отсутствия или низкой квалификации операторов, осуществляющих эксплуатацию летательных машин. Так федеральными правилами⁵ использования воздушного пространства запрещается:

- использование БПЛА в коммерческих целях;
- приобретение права (лицензии) на работу;
- осуществлять беспилотное пилотирование дистанционно, вне прямой видимости оператором аппарата;
- страхование коммерческих полетов.

Необходимость присутствия оператора на территории съемки, усложняет материально-техническое снабжение, увеличивает транспортные расходы. Климатические условия, зависящие от географического положения, метеорологические погодные характеристики, ветер, пыль, снег, оказывают неблагоприятное влияние на работу БПЛА и в итоге на объективность получаемой информации.

В ноябре 2021 года состоялось заседание ГКРЧ (Государственная Комиссия по Радиочастотам), на котором был рассмотрен вопрос по служебному использованию полосы радиочастот 5850–6425 МГц радиоэлектронными средствами для организации связи с беспилотными воздушными.

Таким образом все-таки прослеживается высокая заинтересованность государства в реализации концепции цифровых технологий в строительстве и необходимость поддержки отечественных строительных организаций в процессе перехода на цифровые технологии.

В предыдущих разделах были выявлены результаты (28 шт.) применения цифровых технологий дистанционного управления и контроля в строительной отрасли. Проведенный анализ позволил также сформулировать конструктивные параметры (6 шт.) и потребительские свойства (9 шт.) автомобильных дорог общего пользования, определить виды (4 шт.) и способы (2 шт.) проведения комплексной оценки, диагностики в процессе мониторинга дорожного строительства.

На данном этапе исследования было определено, что одними из основных ценностей современного общества, по нашему мнению, являются: формирование единого информационного пространства; культура; православие; повышение уровня жизни; национальная безопасность; проблемы экологии.

Принципам пилотирования, сбора и передачи информации посвящено множество исследований. Один из принципов обработки результатов основан на фотограмметрии для того, чтобы определить координаты точек в исследуемой области необходимо сделать 2 и более фотографий с разных ракурсов и положений, чем больше снимков, тем более точными получатся измерения. Затем до каждой точки на снимке определяется расстояние от камеры на дроне и строится облако точек. Поскольку расстояние до одной и той же точки на разных снимках известно пересечение этих отрезков и определяет ее пространственную координату.

⁵ Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 г. № 60-ФЗ.

Таблица 3

Матрица трассировки. Материально-финансовый контроль качества линейных объектов с использованием технологии БПЛА

Оценка качества		Возможность использования БПЛА	Вид и способ проведения	Результат обследования			
Общие данные							
1	Категория дороги	-	С; П	Ч			
2	Климатическая зона	-	С	Ч			
3	Обслуживающая организация	-	С	Ч			
4	Протяженность дороги	+	С; А; Н	Ч			
5	Расположение километровых столбов	+	Р; Н	Ч			
Геометрические параметры							
6	Локация оси дороги на местности	+	Р; С; А; Н	Д	В		
7	Ширина проезжей части и уширений	+	Р; Н	Д	В		
8	Количество полос движения, переходно-скоростных полос	+	Р; С; А; Н	Д	В		
9	Ширина проезжей части и обочин	+	Р; Н	Д	В		
10	Уклон "поперечника" дороги, выража трассировки	+	Р; Н	Д	В		
11	Возвышение насыпи, глубина и профиль срезки грунта	+	Р; Н	Д	В		
12	Видимость поверхности дороги в плане и профиле	-	С; Н	Ж	Д	В	
Состояние дорожной одежды и земляного полотна							
14	Состав слоев дорожной одежды и земляного полотна	-; (+)	А; Н	Ж	Д	В	
15	Тип покрытия	+	А; Н	Ж	Д	В	
16	Наличие, вид, расположение и характеристика дефектов	+	А; Н	Ж	Д		
17	Продольная ровность покрытия	-; (+)	А; Н	Ж	Д		
18	Колейность	+	А; Н	Ж	Д		
19	Сцепные свойства покрытия	-	А; Н	Ж	Д		
20	Прочность дорожной одежды	-	А; Н	Ж	Д		
Искусственные дорожные сооружения							
21	Локация мостов, путепроводов, эстакад, тоннелей их тип, протяженность и габариты	++; (+)	А; Н	Ж	Д	В	Э
22	Грузоподъемность мостов, путепроводов и эстакад	-	Р; С; А; Н	Ж	Д	В	Э
23	Наличие и высота бордюров	+	А; Н	Ж			
24	Тип и состояние мостового полотна	-; (+)	Р; С; А; Н	Ж	Д	В	Э
25	Локация, материал, тип и размеры имеющихся труб	+	Р; С; А; Н	Ж	Д	В	Э
26	Локация и габариты подземных и надземных пешеходных переходов	+	А; Н	Ж	Д	В	Э
27	Локация открытых и закрытых водосбросов, прикромочных лотков, лотков по откосам, гасителей	+	А; Н	Ж	Д	В	Э
Обустройство автомобильных дорог							
28	Локация, тип и технические параметры объектов освещения	++; (+)	А; Н	Ж			
29	Локация сигнальных столбов	+	А; Н	Ж			
30	Локация дорожных знаков	+	А; Н	Ж			
31	Локация дорожной разметки	+	А; Н	Ж			
32	Локация дорожных ограждений, их конструкция и размеры	++; (+)	А; Н	Ж			
33	Локация примыканий, пересечений и съездов, их тип и геометрические параметры	+	А; Н	Ж			

Оценка качества	Возможность использования БПЛА	Вид и способ проведения	Результат обследования
34 Локация железнодорожных переездов	+	С; А; Н	Ж
35 Локация остановок общественного транспорта, мест отдыха, остановки и стоянки автотранспорта, элементов благоустройства	+	С; А; Н	Ж
Ограждающие сооружения			
36 Локация защитных насаждений	+	Р; Н	Ж
37 Локация ограждающих сооружений защиты от снежных заносов, перемещения поверхностных слоев грунта	+	Р; Н	Ж
38 Локация шумо- и ветрозащитных устройств	+	Р; Н	Ж
Объекты придорожного сервиса			
39 Локация АЗС, СТО, moteлей, кемпингов, гостиниц	+	С; Л; Н	
40 Локализация пунктов МЧС	+	Л; Н	Ж
41 Локация стационарных и мобильных постов ДПС	+	Л; Н	Ж
42 Локация источников питьевой воды	+	Л; Н	
43 Локация станций мойки грузовых автомобилей	+	Л; Н	
Объекты дорожной службы			
44 Профилактика образования зимней скользкости	-; (+)	Л; Н	Ж
45 Локация дорожно-строительной техники	+	Л; Н	
Эксплуатационные показатели движения			
46 Количество транспортных средств в ед. времени и состав транспортного потока	++; (+)	Л; Н	Ж
47 Локация ДТП	+	Л; Н	Ж
48 Видеонаблюдение в обоих направлениях	+	Л; Н	Ж

Примечание.

- невозможно с использованием БПЛА;

+ возможно с использованием БПЛА;

(+) разработка технологий использования БПЛА оснащенных необходимым оборудованием.

Вид оценки: "Р" — Ревизионная; "С" — Сертификационная; "А" — Амортизационная; "Л" — Локальная.

Способ проведения: "П" — Проектный; "Н" — Натурный.

Результат обследования: снижение аварийности — "Ж"; снижение материально-финансовых затрат — "Д"; сокращение сроков строительства — "В"; охрана окружающей среды — "Э"; соответствие проектной документации — "Ч"

Применяя дроны и соответствующее программное обеспечение, при обследовании дрог для наземного транспорта, возможно определить параметры продольных уклонов, тип дорожного покрытия, радиусы кривых в плане, ширину проезжей части. Тем не менее есть ряд показателей, точность определения которых, по сравнению с традиционными наземными приборами, пока не представляется возможным, а именно:

- видимость поверхности дороги в профиле;
- состав слоев дорожной одежды и земляного полотна;
- продольная ровность покрытия;
- сцепные свойства покрытия;
- прочность дорожной одежды;
- образование зимней скользкости;

- количество и состав транспортного потока.

Используя собранные данные о глубине колеи, продольной и поперечной ровности можно оценить наличие повреждений, их площадь и размер, наличие колеи. В следствии чего выполнить полный расчет транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги с помощью БПЛА.

Также выявили дополнительные ресурсы применение технологии БПЛА. Проанализировали связь технологий беспилотного пилотирования и материально-финансового контроля качества, снижения аварийности, сохранения окружающей среды при мониторинге линейных объектов в процессе строительства и реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации. Полученные результаты представлены в виде матрицы трассировки (табл. 3).

Заключение

Таким образом, в результате проведённого исследования были выявлены условия эффективного применения технологий БПЛА. Описали определённые ограничения применения БПЛА, но акцентировали внимание на реальных возможностях использования технологий беспилотного пилотирования при комплексной оценке качества дорожного строительства. Выявили 33 дополнительных критерия применения БПЛА в строительстве линейных объектов и 8, требующих разработки необходимого оборудования для оснащения аппарата беспилотного пилотирования.

В дальнейшем представляется необходимым провести сопоставительное исследование мониторинга строительства и возможностей существующих принципов пилотирования БПЛА для достижения более высокой эффективности выполнения оценки качества и контроля дорожного строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Травуш В.И. Цифровые технологии в строительстве // Академия. Архитектура и строительство. 2018. № 3. С. 107–117.
2. Беляев С.Л., Овчинников Н.М., Калошина С.В. Технологии дистанционного управления в строительстве // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2017. № 2. С. 156–165.
3. Попов В.А., Рыбаков В.В., Ситников А.В., Щельников В.Н. Совершенствование стационарных систем контроля технического состояния несущих конструкций стартовых сооружений в ходе их длительной эксплуатации // Труды военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2017. № 658. С. 175–182.
4. Адамцевич Л.А., Харисов И.З. Обзор технологий индустрии 4.0 для разработки системы дистанционного управления строительной площадкой // Строительство и архитектура. 2021. Т. 9 № 4(33). С. 91–95.
5. Крамаренко А.В., Краснова К.С. Анализ возможности использования дронов в современном строительстве // Наука и образование: новое время. 2017. № 6(23). С. 313–319.
6. Аветисян Р.Т., Билонда Т.Е., Казарян Р.Р. Перспективы развития автоматизированного контроля строительной площадки на основе данных с дронов // Строительное производство. 2019. № 3. С. 29–32.

7. Фогель А.А., Чахкиев И.М. Применение системы автоматизированного мониторинга посредством беспилотных летательных аппаратов // Мировые научные исследования и разработки в эпоху цифровизации. Сборник статей XV Международной научно-практической конференции. 2021. С. 42–51.
8. Лаборов В.А., Гамаюнова О.С. Робототехника и BIM-технологии в строительстве // Инженерные исследования. 2021. № 5(5). С. 15–22.
9. Табаченко А.А. Фотограмметрические технологии обмеров и трехмерных моделей местности при строительстве зданий и сооружений // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 28. С. 903–906.
10. Талыпов К.К., Назаралиева А.Т. Возможности применения данных БПЛА в задачах строительства и экономики // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. 2021. № 2(72). С. 178–181.
11. Адамцевич Л.А., Воробьев П.Ю., Железнов Е.М. Технология мониторинга объектов капитального строительства на этапах жизненного цикла методами дистанционного зондирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов) на основе высокоточной цифровой модели объекта // Строительство и архитектура. 2021. Т. 9 № 3(32). С. 51–55.
12. Суконников О.Г., Гулин В.Н., Чиркина Н.И. Аэрофотосъемка с БПЛА для моделирования искусственных сооружений на автомобильных дорогах // САПР И ГИС автомобильных дорог. 2019. № 1(12). С. 40–44.
13. Шишков В.А., Макаров В.В., Кудряков С.А., Беляев С.А., Романцев В.В. Управление беспилотным воздушным судном "Орлан-10" на протяженных маршрутах // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2017. № 9. С. 16–21.
14. Дубовик Е.С., Королёва И.Б. Цифровизация дорожного строительства в России // Global and regional research. 2021. Т. 3 № 2. С. 76–83.
15. Симанкина, Т.Л., Юферева, А.Д., Урбанцова, М. Уровень травматизма в строительстве в России и Чехии // Alfabuild. 2019. № 2(9). С. 29–40.
16. Ваучский М.Н., Бирюков Ю.А., Добрышкин Е.О. Цифровое обеспечение мониторинга технического состояния зданий и сооружений Военно-строительного комплекса // Военный инженер. 2020. № 1(15).
17. Сараев Д.А. Использование современных технологий для построения 3D-моделей местности // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 10. С. 126–128.
18. Григоренко Н.И., Янчук Е.Е. Диагностика состояния автодороги с помощью беспилотного летательного аппарата // Мир транспорта. 2017. Т. 15. № 3(70). С. 86–92.
19. Шабуров С.С., Черняго А.Б. Методика обработки геодезических данных и построение информационной модели, используемой для контроля над строительством автомобильной дороги // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. № 1(32). С. 116–123.
20. Макаров А.В., Крошнева Е.В., Файзалиев А.Ф., Павлова М.А., Лепехина Д.М. Обследование мостовых сооружений с помощью современного оборудования // Инженерный вестник Дона. 2021. № 7(79). С. 47–56.

Breus Natalia Leonidovna

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: natalya.breus@ms11.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1036827

Tokarev Aleksey Evgen'evich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: aetokarev65@gmail.com

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1061060

Tokarev Andrey Alekseevich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: tokarev1998@gmail.com

Technologies of unmanned pilot in the construction and operation control of linear capital construction objects

Abstract. The article is devoted to the problem of determining the real efficiency of the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), in terms of monitoring the construction and operation of linear capital construction projects. The relevance and scientific novelty of the study lies in the analysis of the real possibilities of using unmanned piloting technologies in the construction industry in dynamics, in determining the conditions for the effective application and implementation of innovations related to UAVs in the context of the development of computerization in the construction industry.

The study was carried out based on the results of the analysis of scientific literature on the theory of architecture, construction technology, as well as generalization of the experience of the practical use of UAVs. Such methods of scientific research as descriptive, method of analysis and synthesis of literature were used.

The article analyzes the real possibilities of UAV technologies in modern construction, establishes the conditions for the use of UAV technology to ensure the fulfillment of the tasks of material and financial control in the process of road construction and operation.

Additional resources have also been identified, the use of UAV technology to reduce accidents, preserve the environment when monitoring linear facilities during construction and reconstruction, overhaul and operation.

As a result of the study, the authors described certain limitations of the use of UAVs, identified the conditions for effective use and real opportunities for using unmanned piloting technologies in a comprehensive assessment of the quality of road construction. Thirty-three additional criteria for the use of UAVs in the construction of linear facilities and eight requiring the development of the necessary equipment to equip the unmanned aerial vehicle have been identified. A tracing matrix "Material and financial quality control of linear objects using UAV technology" has been created.

Keywords: digital technologies; remote control; unmanned piloting; drone; linear object; material and financial control; quality assessment parameters