



УДК 556

ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИЯХ И ИЗЫСКАНИЯХ НА СООРУЖЕНИЯХ

Кочкурова Наталия Викторовна, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Гладкова Алина Алексеевна, студент 4 курса

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Козин Арсений Евгеньевич, студент 4 курса

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. Статья посвящена актуальности применения дистанционных технологий при инженерных изысканиях и обследовании гидротехнических сооружений. Рассматриваются основные методы, такие как аэрофотосъемка, лазерное сканирование (LiDAR) и тепловизионная съемка с использованием БПЛА, которые позволяют значительно повысить оперативность, точность и безопасность работ. Проанализированы их практические преимущества, включая снижение влияния человеческого фактора и минимизацию финансовых затрат. Отмечена нормативная база, регламентирующая их применение.

Ключевые слова: дистанционные технологии, инженерные изыскания, обследование сооружений, гидротехнические сооружения, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), лазерное сканирование (LiDAR), аэрофотосъемка, цифровая модель местности (DEM/DSM), мониторинг деформаций.

Современные изыскания при строительстве и обследованиях гидротехнических и других сооружений активно внедряют дистанционные технологии, которые заметно ускоряют выполнение операций, улучшают их точность и безопасность. Эти инновационные методы позволяют минимизировать влияние человеческого фактора, сократить сроки полевых работ и обеспечить всестороннюю оценку технического состояния объектов с минимальными временными и финансовыми затратами.

Актуальность применения дистанционных технологий подкреплена не только их очевидными практическими преимуществами, но и прямыми предписаниями и рекомендациями действующих нормативных документов, таких как СП 47.13330.2016 (ред. от 30.12.2020) и сопутствующих ГОСТов. Переход отрасли на цифровые методы работы,

стандартизация данных и повышенные требования к безопасности делают дистанционные методы работ не просто востребованным, а необходимым инструментом для проведения качественных, быстрых и экономически эффективных обследований и инженерных изысканий.

Дистанционное зондирование представляет собой метод наблюдения и измерения характеристик поверхности Земли посредством датчиков, установленных на спутниках, самолетах, вертолетах или дронах. Эти датчики собирают информацию путем регистрации электромагнитного излучения, отражённого или излучаемого объектом наблюдения.

Методы дистанционного зондирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) получили широкое распространение благодаря своей эффективности и универсальности. Рассмотрим основные методы, применяемые в данном направлении:

1. Аэронавигационные средства и беспилотники (БПЛА):
 - Использование аэрофотосъемки и лазерного сканирования (LiDAR);
 - Моделирование цифровой поверхности (DTM) и высотных профилей сооружения.
2. Спутниковые и космические аппараты:
 - Геодезический контроль удаленно;
 - Постоянный мониторинг деформаций и просадок грунта.
3. Термическое и радиационное обследование:
 - Инфракрасная термография и оценка температурных аномалий;
 - Детекция невидимых повреждений и нарушений целостности конструкции.
4. Специальные инструменты и аппаратура:
 - Электронные уровни и тахеометры для оценки геометрических показателей здания или сооружения;
 - Высокочувствительные вибродатчики и ультразвуковые устройства.

Аэрофотосъемка позволяет получать высококачественные фотографии земной поверхности с высоты полета БПЛА. Камера устанавливается на борту аппарата и снимает местность сверху вниз. Такие снимки используются для: составления топографических карт, мониторинга изменений ландшафта, обследования строительных площадок;

Лазерное сканирование (LiDAR) основано на применении лазеров, которые посылают импульсы света к земле и регистрируют отраженный сигнал. По времени возвращения луча определяется расстояние до точки на поверхности. Таким образом формируется облако точек, которое преобразуется в цифровую модель рельефа (DEM) или цифровую поверхностную модель (DSM). Применение LiDAR позволяет создавать высокоточные 3D-модели местности, определять высоту строений, исследовать карстовые образования и эрозионные процессы;

Термальная съемка с помощью термальных камер, установленных на БПЛА, которые регистрируют распределение тепла на земной поверхности. Данный метод полезен для выявления утечек тепла в зданиях и сооружениях, диагностики неисправностей трубопроводов и коммуникаций, оперативного обнаружения очагов пожаров и др.;

Радиолокационная съемка (радар) с радиолокаторами, используемыми на БПЛА, которые отправляют микроволновой импульс и получают отраженный сигнал. Благодаря этому возможно получение изображений даже сквозь облака и дымку, а также ночью. Метод эффективен для мониторинга зон бедствий, изменения береговой линии, уровня воды в водоемах и других процессов, происходящих на большой глубине;

Гиперспектральная съемка камерами позволяет регистрировать спектр отраженного света в узких диапазонах длин волн. Такой метод используется для изучения почв и пород, выявления загрязнений окружающей среды, исследования нефтяных пятен и иных экологических катастроф.

Моделирование цифровой поверхности (Digital Terrain Model, DTM) и высотных профилей сооружения является важным этапом дистанционных обследований и инженерных изысканий. Эта технология помогает создать точные пространственно-

временные представления о форме, структуре и особенностях поверхности объекта и прилегающей территории. Суть метода состоит в создании цифровой модели поверхности, получении трехмерных координат множества точек пространства, расположенных на интересующей территории. Данные координаты записывают положение каждой точки по высоте над уровнем моря, образуя таким образом цифровую сетку высот (digital elevation model, DEM).

Практическое применение дистанционных технологий при строительстве мостов и плотин выражается в использовании технологий для диагностики элементов конструкций. На нефтяных и газопроводных сетях производят удаленное наблюдение за трубопроводами и резервуарами с целью предотвращения аварий.

Современное программное обеспечение для анализа данных, поступающих с дистанционно управляемых устройств, способно обрабатывать огромные объёмы информации, создавая детальные 3D-модель конструкции и прилегающего участка. Например, специализированные программы (AutoCAD Civil 3D, Bentley MicroStation, Trimble Business Center) позволяют проводить проверку соответствия проекта действительности; имитацию поведения конструкций при нагрузках различного характера; формирование отчетов и рекомендаций по дальнейшим действиям.

Эти технологии делают возможным значительное снижение временных затрат и улучшение общей производительности строительства объектов.

Преимущества и недостатки дистанционных технологий:

- основное преимущество: высокая производительность и низкая стоимость относительно традиционной практики;

- недостатки: зависимость от метеоусловий, ограниченная доступность оборудования и сложность интерпретации полученных данных.

Перспективы развития дистанционных технологий

- Тенденции роста рынка дистанционных услуг и внедрение AI-решений.

- Будущие направления разработки аппаратуры и алгоритмов анализа данных.

- Заключение

- Итоговая оценка значения дистанционных технологий в обследовании сооружений.

- Необходимость интеграции этих технологий в стандартную практику строительной отрасли и дальнейшего совершенствования методик и инструментариев.

Сегодня одним из главных препятствий на пути широкого распространения дистанционных технологий остаётся их относительная дороговизна и техническая сложность. Но развитие технологий постепенно снижает себестоимость производства оборудования и программного обеспечения, делая их доступнее широкому кругу пользователей. Например, недорогие и компактные квадрокоптеры уже заменяют дорогостоящие авиационные услуги в ряде сфер, начиная от сельского хозяйства и заканчивая строительством.

Интеграция машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет значительно ускорить обработку огромных потоков данных, генерируемых системами дистанционного зондирования. Уже сегодня существуют интеллектуальные алгоритмы, способные автоматически распознавать типологию землепользования, выявлять признаки заболеваний культур или предупреждать о возникновении чрезвычайных ситуаций природного происхождения.

Будущее связано с разработкой более продвинутых форматов глубокого обучения, что позволит увеличить надёжность и гибкость приложений дистанционных технологий в реальных условиях.

Одной из ярких тенденций последнего десятилетия стал рост спроса на автономные транспортные средства, управляемые дистанционно. Помимо гражданской авиации и автомобильных перевозок, развивается рынок морских судов и железнодорожных составов, управление которыми осуществляется удалённо. Здесь огромную роль играют системы

навигации и связи, обеспечивающие высокую степень точности позиционирования и передачи данных.

Ещё одной важной областью применения дистанционных технологий станет исследование космоса и изучение поверхности Луны, Марса и других небесных тел. Космическая отрасль предъявляет повышенные требования к точности и качеству передаваемой информации, что стимулирует разработку новых способов и технологий дистанционных измерений.

Постоянное увеличение пропускной способности каналов связи и уменьшение задержек при передаче данных обеспечит стабильную работу дистанционных систем даже в экстремальных условиях. Дальнейшее развитие мобильных сетей пятого поколения (5G) и последующее внедрение шестого поколения откроют совершенно новые горизонты для реализации удалённых технологий.

Таким образом, сочетание современных методов дистанционного зондирования с возможностями беспилотных летательных аппаратов открывает новые горизонты для быстрого и точного анализа ситуации на больших территориях, позволяя решать широкий круг практических задач в области строительства, охраны природы и других сферах. Будущее дистанционных технологий чрезвычайно позитивно. Новые открытия и достижения в науке позволят преодолеть существующие барьеры и сделать эти технологии доступным ресурсом для каждого жителя планеты. Эффективное взаимодействие науки, бизнеса и государства создаст благоприятные условия для массового внедрения дистанционных технологий и укрепления конкурентоспособности отечественных компаний на мировом рынке высоких технологий.

Список литературы:

1. Долгополов, Д. В. Применение технологий дистанционного зондирования Земли для обеспечения геотехнического мониторинга и картографирования на трубопроводном транспорте / Д. В. Долгополов, В. А. Мелкий, М. Ю. Баборькин // Региональные геосистемы. – 2022. – Т. 46, № 3. – С. 339-355. – DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-3-339-355. – EDN ABWPNH.
2. Грисбах, Р. Разработка технологии сбора и фотограмметрической обработки комплексных данных дистанционного зондирования для информационного обеспечения инженерного мониторинга : специальность 05.24.02 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Грисбах Рене. – Новосибирск, 2000. – 178 с. – EDN NLRUIZ.
3. Кочкурова, Н. В. Инновационные технологии в геодезических изысканиях / Н. В. Кочкурова, А. К. Уткина, А. М. Фадеев // Проблемы экологии Волжского бассейна : Труды 9-й всероссийской научной конференции, Нижний Новгород, 03–04 декабря 2024 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2024. – С. 26. – EDN FTIYSH.

REMOTE TECHNOLOGIES FOR SURVEYS AND SURVEYS AT FACILITIES

Natalia V. Kochkurova, Alina A. Gladkova, Arseniy Ev. Kozin,

Abstract. The article is devoted to the relevance of the use of remote technologies in engineering surveys and inspection of hydraulic structures. The main methods such as aerial photography, laser scanning (LiDAR) and thermal imaging using unmanned aerial vehicles are considered, which can significantly improve the efficiency, accuracy and safety of work. Their practical advantages are analyzed, including reducing the influence of the human factor and minimizing financial costs. The regulatory framework governing their application is noted.

Keywords: remote technologies, engineering surveys, inspection of structures, hydraulic structures, unmanned aerial vehicles (UAVs), laser scanning (LiDAR), aerial photography, digital terrain model (DEM/DSM), deformation monitoring.