



Методика сбора и анализа разнородной геоинформации для решения задач строительного контроля на объектах строительства железных дорог

М.А. Щеглов¹✉, А.И. Карелов¹, А.А. Павловский¹

¹ Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте, Москва, Россия

✉ mihail_sheglov@mail.ru

ЦИТИРОВАНИЕ Щеглов М.А., Карелов А.И., Павловский А.А. Методика сбора и анализа разнородной геоинформации для решения задач строительного контроля на объектах строительства железных дорог // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2025. Т. 69. № 2. С. 23–34. DOI:10.30533/GiA-2025-011.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА строительный контроль, аэрофотосъемка, беспилотная авиационная система, железная дорога, ортофотоплан, цифровая модель местности, построение поперечного профиля, подсчет объемов земляных работ, фотограмметрия, спутниковые данные, дистанционное зондирование Земли

АННОТАЦИЯ В процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства в соответствии с законодательством Российской Федерации проводится строительный контроль, направленный на проверку соответствия выполняемых работ проектной документации, требованиям технических регламентов, результатам инженерных изысканий, требованиям к строительству, реконструкции объекта капитального строительства. Строительный контроль, выполняемый традиционными методами, сопряжен с существенными трудозатратами при его реализации на крупных площадных или протяженных объектах. В статье описывается опыт применения методов аэрокосмического дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), направленных на упрощение задачи инспектора по контролю выполненных работ на объекте строительства и на существенное сокращение объема геодезических работ. Приведены преимущества и недостатки различных методов ДЗЗ, применяемых в ходе строительного контроля. Описаны требования к получаемым беспилотными авиационными системами материалам аэросъемки, необходимым для формирования ортофотопланов, цифровых моделей местности, облаков точек лазерных отражений и др. Описана структура отчета, формируемого на основе комплексного анализа данных ДЗЗ и проектной документации.

Рассматриваются достигнутые применением методики положительные эффекты, а также перспективы использования получаемой информации на объектах, спроектированных с применением технологий информационного моделирования в строительстве.

1 Введение

Строительный контроль проводится в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства в целях проверки соответствия выполняемых работ проектной документации (в том числе решениям и мероприятиям, направленным на обеспечение соблюдения требований энергетической эффективности и оснащенности объекта капитального строительства приборами учета используемых энергетических ресурсов), требованиям технических регламентов, результатам инженерных изысканий, требованиям к строительству, реконструкции объекта капитального строительства, установленным на дату выдачи представленного для получения разрешения на строительство градостроительного плана земельного участка, а также разрешенному использованию земельного участка и ограничениям, установленным в соответствии с земельным и иным законодательством Российской Федерации¹, и представляет собой комплекс мероприятий и мер, направленных на обеспечение качества выполнения строительно-монтажных работ, соблюдение сроков, объема, стоимости строительства, соответствие проектной документации и нормативным требованиям. Понятие «строительный контроль» объединяет технический надзор заказчика, авторский надзор и производственный контроль, который позволяет заказчику контролировать, что работы выполняются надлежащим образом и вовремя, качество строительных материалов отвечает стандартам, а расходы соответствуют заявленной смете [1].

Таким образом, при приемке этапов строительных работ и подписании акта о приемке выполненных работ (формы КС-2 утверждены постановлением Госкомстата РФ от 11 ноября 1999 г. № 100²) инспектор строительного контроля должен удостовериться, что объемы выполненных земляных работ соответствуют заявленным, возведенные объекты не имеют отклонений от проектных значений. При возведении или реконструкции крупных площадных либо протяженных объектов объективная оценка выполненных работ на объекте затруднительна из-за существенных трудозатрат. Например, только для контроля положений опор контактной сети, установленных через 40 м на участке реконструкции железной дороги в 10 км, при использовании приемника сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в режиме «стой-иди» понадобится больше 4 часов работы только по геодезической съемке и больше 2 часов — на камеральную обработку геодезических измерений³. С учетом того, что инспектору строительного контроля надо проконтролировать положение не только опор, но и всех зданий, сооружений и стационарных технических объектов (таких, например, как стрелочные переводы), а также подтвердить объемы выбранного и насыпанного грунта, задача по геодезической съемке может занять существенно большее время.

1 Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ (ред. от 25 декабря 2023 г.) (с изм. и доп., вступ. в силу с 1 мая 2024 г.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12138258/?ysclid=m9mjbxdj3840696906> (дата обращения: 09.06.2024).

2 Постановление Госкомстата РФ от 11 ноября 1999 г. № 100 «Об утверждении унифицированных форм первичной учетной документации по учету работ в капитальном строительстве и ремонтно-строительных работ». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12117360/?ysclid=m9mjf12eev192403550> (дата обращения: 25.10.2024).

3 ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. М.: ЦНИИГАиК, 2002. 124 с.

Для упрощения задачи инспектора по контролю выполненных работ на объекте строительства и существенного сокращения геодезических работ целесообразным представляется применение методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Это также позволит повысить объективность и достоверность получаемых результатов, исключить влияние человеческого фактора на объективность оценки качества и объемов выполняемых работ. Кроме того, материалы ДЗЗ позволят инспектору строительного контроля проводить контроль строительного объекта более адресно: посещать только те места объекта, где, по данным ДЗЗ, выявляются несоответствия выполненных работ проектной документации или графику выполнения.

Применение спутниковых данных ДЗЗ позволяет получать геопривязанное многоспектральное изображение земной поверхности. Выполнение 1 км² топографической съемки обходится на порядок дороже, чем съемка с космических аппаратов с последующей обработкой и векторизацией, и несравнимо с ней по трудозатратам [2].

Следует отметить, что, хотя для топографических задач при составлении и обновлении планов масштаба 1 : 5000 и мельче использование спутниковой съемки целесообразно, такой метод пригоден только для определенного круга задач строительного контроля, так как спутниковые данные имеют ряд ограничений.

2 Материалы и методы

В 2009 году для железнодорожного транспорта была разработана технология мониторинга потенциально опасных воздействий на объекты железнодорожной инфраструктуры с использованием данных спутниковой съемки. Выполненные работы позволили на основе данных спутниковой съемки и наземных обследований провести ландшафтно-геоморфологическое дешифрирование и выполнить линейное зонирование трассы железной дороги: выделить участки, характеризующиеся различными комплексами экзогенных воздействий (склоновых и русловых) и разной степенью опасности этих воздействий для железнодорожной инфраструктуры.

Результатом работ по спутниковому мониторингу, проведенных на участке Туапсе — Адлер в 2011–2012 годах, явилась карта потенциально опасных воздействий русловых и склоновых процессов на железную дорогу. Достоверность полученных результатов подтверждается путем сравнения прогнозируемого и фактического количества аварийных ситуаций, спровоцированных экзогенными процессами на данном участке за 2012–2013 годы.

В 2021 году была выполнена работа по внедрению технологий аэрокосмического мониторинга с целью информационного обеспечения деятельности ОАО «РЖД» в рамках реализации объектов развития железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона (железнодорожной сети в границах Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорог, протянувшейся на 17 тысяч км через более чем 800 станций в 17 регионах России, включающей Байкало-Амурскую магистраль и существенную часть Транссибирской железнодорожной магистрали). В рамках этой работы были выполнены пилотные проекты по мониторингу строительных объектов с применением материалов космической съемки и аэрофотосъемки (АФС) с беспилотных авиационных систем (БАС) на нескольких участках строительства и реконструкции Байкало-Амурской магистрали [3].

Хотя спутниковое ДЗЗ можно эффективно применять для мониторинга труднодоступных районов в связи с тем, что весь процесс от получения спутникового снимка до его дешифрирования можно выполнять камерально, без необходимости выезда специалистов на место, выполненные пилотные проекты продемонстрировали ряд ограничений для применения спутниковой съемки в процессе строительного контроля:

- зависимость от облачности;
- избыточное покрытие одного кадра;
- отсутствие у некоторых космических аппаратов возможности выполнять стереосъемку, необходимую для контроля объемов перемещенного грунта;
- недостаточное пространственное разрешение для решения большинства задач строительного контроля.

Кроме того, стоит отметить, что оперативная спутниковая информация с пространственным разрешением выше 3 м/пиксель с отечественной спутниковой группировки на момент окончания 2021 года была недоступна, что не позволило с высокой детальностью и точностью контролировать ход строительства, определять типы и объемы выполненных на участке строительства работ, тип строительной техники, задействованной на участке строительства.

В то же время пилотные проекты, выполненные в рамках данной работы, показали эффективность мониторинга с БАС:

- возможность осуществлять съемку вне зависимости от облачности;
- на порядок более высокое пространственное разрешение получаемых снимков, позволяющее решать большинство задач строительного контроля.

Следует отметить, что строительный мониторинг с использованием АФС с БАС имеет ряд ограничений. АФС не позволяет контролировать работы, ведущиеся в закрытых от внешнего обзора пространствах: внутренние работы в зданиях, зимние работы в каркасно-тентовых укрытиях (теплицах), работы внутри водопропускных труб, в подмостовом пространстве и т. д. Кроме того, при работах по прокладке кабельных линий можно детектировать только траншеи, в отдельных случаях видна укладка кабеля, но точно указать принадлежность кабеля и его количество не представляется возможным. Трудно также детектируется установка наземного оборудования устройств сигнализации, централизации и блокировки. На ортофотоплане хорошо различимы ящики с оборудованием и релейные шкафы, но невозможно определить их принадлежность. При анализе продуктов обработки данных АФС с БАС затруднен также подсчет количества работников в связи с тем, что люди в процессе АФС перемещаются и в ходе фотограмметрической обработки исключаются из плотного облака точек [4].

Задачи строительного мониторинга железнодорожной инфраструктуры на основе данных ДЗЗ с БАС делят на два основных типа, исходя из пространственных характеристик объектов мониторинга:

- 1) мониторинг протяженных объектов, где длина объекта многократно превышает его ширину (перегоны);
- 2) мониторинг площадных объектов, где длина объекта не превышает его ширину более чем в 10 раз (станции, искусственные сооружения и т. п.).

Задачи первого типа целесообразно решать с применением БАС, имеющей в своем составе беспилотное воздушное судно (БВС) самолетного типа. Такой тип БВС обладает большей скоростью перемещения и, как следствие, большей дальностью полета в сравнении с мультикоптерным типом. Для решения задач второго типа более применима БАС с БВС мультикоптерного типа. Мультикоптерный тип БВС обладает большей маневренностью и возможностью взлета и посадки на ограниченном пространстве.

Таким образом, на основании проведения пилотных проектов было продемонстрировано, что для мониторинга работ на объектах строительства целесообразно применять материалы АФС с БАС.

За рубежом также апробируется применение БАС для мониторинга строительных объектов в целях повышения эффективности и качества строительства [4]. На нескольких объектах строительства была проведена апробация использования АФС с БАС для строительного мониторинга, и по ее результатам были сформированы ортофотоплан, трехмерная модель строительного объекта и цифровая модель рельефа. Было продемонстрировано, что по результатам АФС можно определять объемы перемещенного грунта и проводить точные измерения планового и высотного положений объекта строительства [5, 6].

Несмотря на то, что были получены хорошие результаты, применимые для строительного контроля как за рубежом, так и в России [7–9] (в том числе при дорожном строительстве [10]), упоминания о создании технологии, ее тиражировании и включении в строительный процесс в открытой печати не обнаружены.

3 Результаты и обсуждение

Апробация АФС с БАС как метода строительного мониторинга была выполнена в 2021 году на двух тестовых участках строительства и реконструкции Байкало-Амурской магистрали. По материалам АФС были сформированы продукты — ортофотопланы и трехмерные модели. Пространственное разрешение продуктов АФС составило 3–5 см/пиксель (в зависимости от высоты съемки), а пространственная точность — 5 см. На основании их обработки и анализа были продемонстрированы возможность уверенного распознавания типов строительных работ с контролем их плановой и высотной точности, возможность подсчета и распознавания типов строительной техники. Был также показан подсчет объемов перемещенного грунта на месторождении горных пород в районе разъезда Звонкое в Селемджинском районе Амурской области (рис. 1) по материалам АФС с разницей 4 дня.

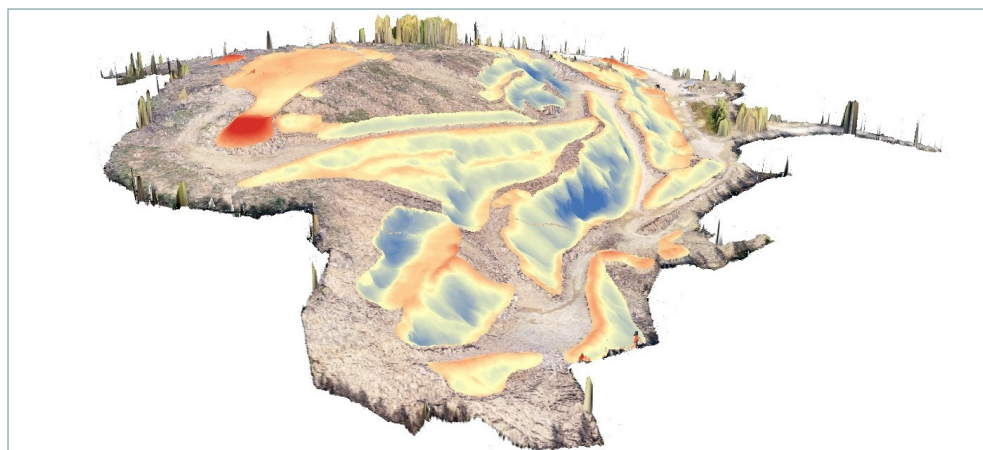
Рис. 1 

3D-модель изменений физических объемов на месторождении горных пород (оттенками синего цвета показаны участки уменьшения объема, оттенками красного — увеличения)

Fig. 1

A 3D model of changes in physical volumes at a rock deposit (shades of blue show areas of decreasing volume, shades of red show areas of increasing volume)

0 50 100 м



На основании апробации и подтверждения возможности применения АФС с БАС для строительного контроля в 2022 году была разработана специальная методика строительного контроля. При создании методики решались задачи привязки проектной документации, периодичности выполнения аэросъемки, состава отчетов, предоставления доступа к итоговым материалам причастных лиц.

Таким образом, методика строительного контроля с применением аэросъемки состоит из трех этапов:

- 1) подготовительного камерального этапа;
- 2) полевых работ, связанных с выполнением аэросъемки;
- 3) камеральных работ по обработке аэросъемки и формированию отчетных материалов.

Подготовительный этап включает формирование графика производства работ, которые возможно дешифрировать по материалам аэросъемки, привязку проектной документации в геоинформационной системе (ГИС), векторизацию строительных объектов, указанных в графике производства работ, дешифрируемых по ортофотоплану для последующего анализа плановой точности возведения объектов. Кроме того, выполняется оцифровка проектных поперечных профилей земляного полотна для последующего сравнения с фактическим профилем.

Рис. 2 ↻

Схема размещения опознаков на полигоне авиационных работ

Fig. 2

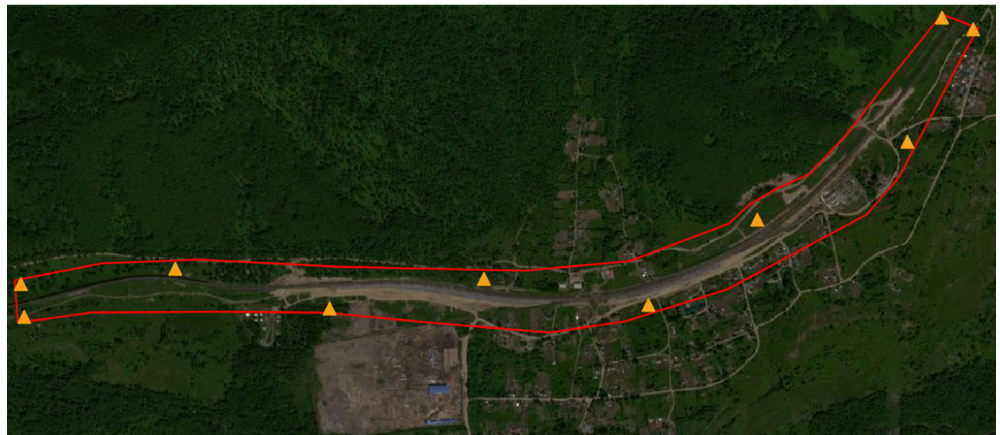
The layout of identification signs at the aviation works site

Рис. 3 ⌵

Координирование опознака на полигоне авиационных работ

Fig. 3

Coordination of identification at the aviation works site



Во время этапа полевых работ на полигоне авиационных работ (ПАР) размещаются и координируются опознаки, используемые для уменьшения невязки проектной документации с ортофотопланом, построенным по материалам АФС с БАС (рис. 2). Координирование опознаков выполняется в местной системе координат субъекта РФ, в которой расположен объект, в увязке с пунктами опорной геодезической сети, сформированной на этапе инженерно-геодезических изысканий (рис. 3).

В соответствии с разработанной методикой, АФС выполняется дважды в месяц: с 5-го по 25-е число с промежутком не менее 7 дней, по второй АФС выполняется мониторинг строительства. Кроме того, для объектов, спроектированных с применением технологий информационного моделирования (ТИМ), дополнительно к АФС выполняется воздушное лазерное сканирование (ВЛС) для более детального отображения сложных конструкций.

Материалы АФС должны иметь межкадровое продольное перекрытие не меньше 80 % и поперечное не меньше 70 % и позволять формировать фотограмметрические материалы с пространственным разрешением не хуже 3 см/пиксель. Точность пространственной привязки материалов АФС должна позволять сформировать фотограмметрические материалы со среднеквадратической погрешностью (СКП) меньше 5 см. АФС должна выполняться в светлое время суток (высота солнца над горизонтом не менее 20 градусов), с отсутствием помех в виде тумана, и (или) дымки, и (или) осадков.

При выполнении ВЛС точность определения дальности точки лазерного отражения (ТЛО) должна быть не более 3 см. СКП определения координат ТЛО должна быть меньше 3–5 см. Количество ТЛО должно составлять не менее 400 на 1 м². Количество ТЛО при выполнении ВЛС высоковольтных линий, линий связи и контактной сети — не менее 800 на 1 м². Облако ТЛО окрашивается в цвет, соответствующий цвету поверхности объекта, а также в цвет, зависящий от высоты объекта.

Затем выполняется обработка материалов аэросъемки. Результатами фотограмметрической обработки АФС, по которым в дальнейшем производится оценка объемов земляных работ и дешифрирование, служат цифровая модель местности (ЦММ) и ортофотоплан. Результатом обработки ВЛС выступает классифицированное и фильтрованное облако ТЛО.

По материалам АФС и ВЛС выполняется анализ состояния объекта строительства, представляющий собой оценку выполненных работ, сравнение проектного и фактического поперечных профилей земляного полотна, определение количества и типов строительной техники на объекте, а также объемов выполненных земляных работ.

Оценка выполненных работ проводится только по строительным работам, ведущимся в пространствах, открытых для обзора сверху и различимых на ортофотоплане с пространственным разрешением 3–5 см. Примером таких работ могут выступать формирование земляного полотна, укладка рельсошпальной решетки, балластировка, установка опор ЛЭП и контактной сети, монтаж светофоров и стрелочных переводов, а также строительство зданий и сооружений.

ЦММ применяется для сравнения проектного и фактического поперечных профилей земляного полотна, а также для оценки объемов выполненных земляных работ на объекте (разработки котлованов, отсыпки насыпей и т. п.).


На основании анализа материалов обработки аэросъемки формируется отчет. Отчет состоит из нижеследующих разделов.

Раздел **«Общие сведения»** представляет собой общую информацию об объекте (участке выполнения работ), на котором запланирован контроль работ с применением БАС. В данном разделе представлены ссылки на требования, предъявляемые к материалам отчета, календарный график производства работ, а также общие сведения по выполненной аэросъемке, которые могут повлиять на качество полученных с БАС данных: дата проведения, погодные условия (температура, направление и скорость ветра, наличие / отсутствие осадков). В разделе также представлены схема участка выполнения работ на объекте и таблица, содержащая список видов строительных работ, требующих контроля выполнения с применением АФС, подготовленная на основе календарного графика производства работ.

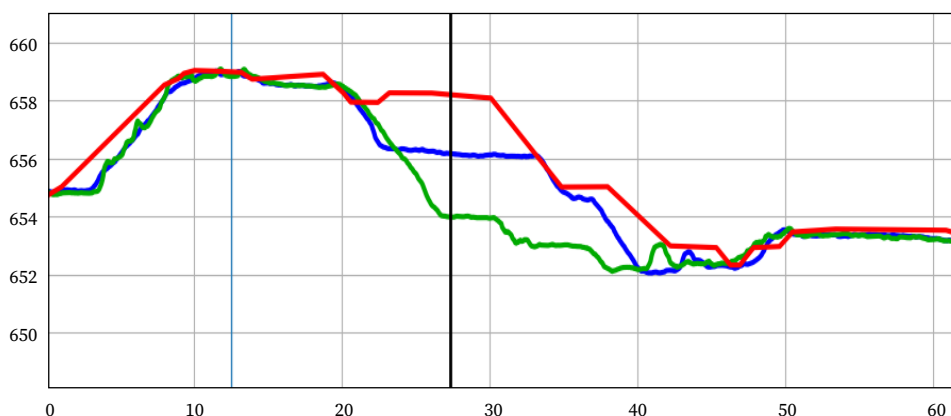
Раздел **«Состояние опознаков на объекте»** содержит информацию об опознаках, размещенных на ПАР: их состояние, количество, фактическое местоположение.

Раздел **«Динамика выполнения работ»** включает плановые и фактические показатели по каждому виду строительных работ, требующих контроля объемов с применением АФС (согласно таблице из раздела «Общие сведения»), а также процент завершения задачи в отчетном месяце, процент завершения задачи нарастающим итогом и процент завершения задачи за весь период проведения работ.

Раздел **«Сравнение фактического поперечного профиля земляного полотна с проектным»**. По данным из проектной документации строится проектная поверхность. Далее при помощи специализированных инструментов по линиям расположения проектных профилей, проведенным по проектной документации, строится график из трех линий, одна из которых представляет собой профиль, построенный по проектной поверхности, другая — профиль по фактической поверхности на предыдущий месяц, третья — профиль по фактической поверхности на текущий месяц (рис. 4). Для сравнения с проектной поверхностью используется ЦММ, построенная по результатам аэрофотосъемки.

Рис. 4  Сравнение профилей земляного полотна
Fig. 4
Comparison of the profiles of the roadbed

— проектный профиль
— профиль прошлого месяца
— фактический профиль, построенный по ЦММ



Раздел **«Оценка объемов земляных работ на объекте»** содержит результаты оценки объемов земляных работ, которая производится по ЦММ, построенным на основе результатов аэрофотосъемки с применением БАС, произведенной в предыдущий и текущий месяцы. При помощи специализированных инструментов выполняется вычитание из поздней ЦММ более ранней. В результате вычитания формируется поверхность, содержащая в себе изменения, произошедшие за период между двумя съемками (рис. 5).

Раздел **«Попикетная ведомость наблюдаемых работ»** содержит краткую информацию о ходе выполнения строительных работ на каждом пикете

Рис. 5 

Пример оценки отсыпки грунта объемом 1160 м³ на перегоне Восточно-Сибирской железной дороги (отсыпка произведена между 12 и 24 августа 2023 г.)

Fig. 5

An example of an assessment of the filling of soil with a volume of 1160 m³ on the stretch of the East Siberian Railway (the filling was carried out between August 12 and 24, 2023)



Рис. 6 

Пример контроля динамики сооружения устоев моста на Восточно-Сибирской железной дороге на ортофотоплане по состоянию на 1 июня 2023 г.

Fig. 6

An example of monitoring the dynamics of the construction of bridge abutments on the East Siberian Railway on an orthophotoplane as of June 1, 2023



объекта (участка производства работ), представленную в виде таблицы. Таблица состоит из пяти столбцов: «Порядковый номер», «Номер пикета», «Работы», «Фотография» (рис. 6), «Примечания».

Раздел **«Воздушное лазерное сканирование на объекте»** формируется в отчете только по объектам, на которых выполнялось ВЛС. В разделе приведены графические материалы по данным ВЛС и IFC-моделей, описывающие состояние объекта, дана оценка выполненным работам.

Раздел **«Складирование строительных материалов на объекте»** содержит фрагменты ортофотоплана на места складирования строительных материалов с указанием его фактического расположения.

Раздел **«Строительная техника на участке строительства»** включает общую схему расположения всей строительной техники на участке проведения работ, наименование строительной техники, ее количество, фактическое местоположение, а также фрагменты ортофотоплана с ее наглядным отображением (рис. 7).

Отработка методики строительного контроля выполнялась до декабря 2022 года на 12 объектах строительства Восточного полигона общей протяженностью 87 км. В 2023 году началась промышленная эксплуатация методики

Рис. 7 

Примеры контроля наличия строительной техники на участке строительства

Fig. 7

Examples of monitoring the availability of construction equipment at the construction site

Экскаватор на Дальневосточной железной дороге 7 ноября 2022 г. / An excavator on the Far Eastern Railway on November 7, 2022



Каток на Восточно-Сибирской железной дороге 13 сентября 2022 г. / A roller on the East Siberian Railway on September 13, 2022

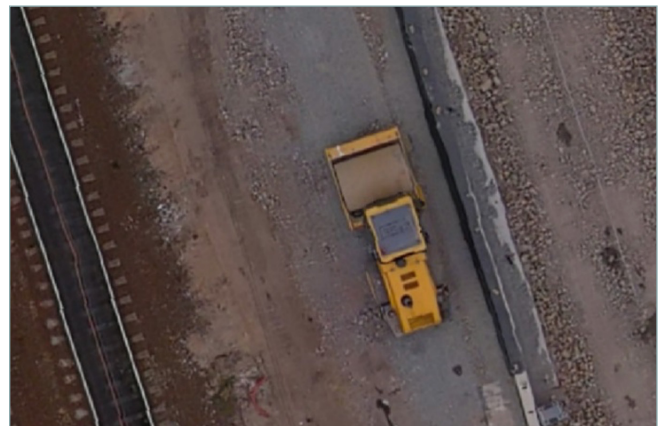


Рис. 8 

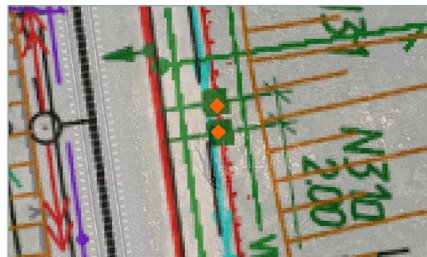
Выявление отклонения мест установки опор на ортофотопланах

Fig. 8

Identification of deviations of the installation sites of supports on orthophotoplanes

на 16 объектах строительства Восточного полигона общей протяженностью более 200 км. В 2024 году общая протяженность объектов строительства Восточного полигона, строящихся с использованием методики строительного контроля, которая включает аэросъемку, увеличилась до 366 км. Методика позволила оперативно выявлять отклонения от проекта (рис. 8), несоответствия графику выполнения работ и объемов перемещенного грунта, что значительно сократило трудозатраты инспекторского состава при приеме работ.

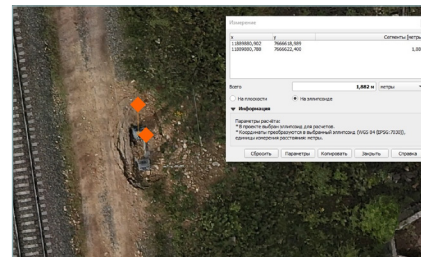
Привязанный в ГИС проект с отмеченными центрами опор (оранжевые ромбы) / A GIS-linked project with marked support centers (orange rhombuses)



Фактическое положение опор в сравнении с проектным положением (оранжевые ромбы) / The actual position of the supports in comparison with the design position (orange rhombuses)



Измерение отклонения (1,9 м) / Measurement of the deviation (1.9 m)



4 Выводы

Применение БАС при проведении контроля на объектах строительства позволяет объективно оценить темпы работ, соответствие фактического положения объектов строительства проектной документации, а также получить точную информацию об объемах земляных работ. По данным аэрофотосъемки проводится подсчет строительной техники на объекте, что практически невозможно провести силами инспекторского контроля на объекте протяженностью 15–20 км.

Сравнение сформированных на основе данных с БАС ортофотопланов и проектной документации проводится в оперативном режиме с точностью 3–5 см в плане и по высоте, что существенно сокращает объемы работ (вплоть до полного их исключения) геодезических бригад заказчика на объекте, а также позволяет оперативно устранять выявленные недостатки. Данные строительного мониторинга, основанные на средствах объективного контроля, в конечном итоге будут увязаны с ТИМ и использованы для анализа и сопоставления данных с проектными данными ТИМ-модели, а также для актуализации и сопровождения строительства объекта, спроектированного с применением ТИМ. Разработанная методика позволяет дистанционно получать объективные данные строительного контроля и более четко контролировать соответствие фактического состояния объекта его проектному состоянию.

Каждый строительный объект, несомненно, является уникальным по своим свойствам для строительного контроля, осуществляемого как классическими геодезическими методами, так и методом с применением БАС (транспортная доступность, покрытие сигналом от базовых ГНСС-станций, рельеф окружающей местности и т. д). Тем не менее приведем ориентировочную оценку для строительного контроля объекта с реконструкцией двух станций и строительством второго пути длиной 20 км. Для строительного мониторинга такого объекта с применением технологии БАС необходимы: 1) выполняющая аэросъемку и геодезическое обоснование ПАР бригада из двух человек; 2) обрабатывающий и анализирующий материалы аэросъемки коллектив, также состоящий из двух человек. Время, требуемое для выполнения геодезического обоснования и аэросъемки указанного полигона, составляет 2 рабочих дня, а время для обработки и анализа данных — 4 рабочих дня. В то же время для получения данных такой же полноты классическими методами геодезии необходим труд как минимум четырех геодезистов в течение десяти рабочих дней.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Гришина А.И., Рамазанов Р.Р., Глухов А.В. и др. Комбинирование методов наземного лазерного сканирования и аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата для повышения эффективности контроля промышленного строительства // Вектор ГеоНаук. 2020. Т. 3. № 3. С. 55–67. DOI:10.24411/2619-0761-2020-10032.
2. Чермошенцев А.Ю. Обновление топографических планов масштаба 1 : 5000 с использованием космических снимков сверхвысокого разрешения // Сборник материалов VIII Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь». Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. № 4. С. 29–32.
3. Щеглов М.А., Карелов А.И., Майоров А.А. и др. Мониторинг объектов строительства железнодорожной инфраструктуры с применением данных с беспилотных авиационных систем // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2023. Т. 67. № 5. С. 153–164. DOI:10.30533/GiA-2023-069.
4. Ham Y., Han K.K., Lin J.J., et al. Visual monitoring of civil infrastructure systems via camera-equipped Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a review of related works // Visualization in Engineering. 2016. Vol. 4. P. 1–8. DOI:10.1186/s40327-015-0029-z.
5. Taj G., Prema R., Anand S., et al. Monitoring and Management of Construction Sites Using Drone // Proceedings of International Conference on Innovative Technologies for Clean and Sustainable Developmen. Cham: Springer, 2021. P. 705–720.
6. Anwar N., Amir Izhar M., Najam F.A. Construction Monitoring and Reporting using Drones and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) // The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (Colombo, Sri Lanka, July 2–4, 2018). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/326264559_Construction_Monitoring_and_Reporting_using_Drones_and_Unmanned_Aerial_Vehicles_UAVs (дата обращения: 24.09.2024).
7. Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В. и др. Дрон-технологии в строительстве — современные решения и возможности // Вестник Евразийской науки. 2020. Т. 12. № 5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/37SAVN520.pdf> (дата обращения: 18.10.2024).
8. Кудасова А.С., Тютина А.Д., Сокольников Э.В. Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2021. Т. 8. № 80. С. 31–38.
9. Семенов А.С., Слонич К.А. Обследования зданий и сооружений с применением беспилотных летательных аппаратов // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2017. № 9. С. 160–163. DOI:10.12737/article_59a93b0c110aa8.01447096.
10. Ворсин Н.Е., Яковлев А.Е. Применение БПЛА в проектировании и строительстве автомобильных дорог // Вестник науки. 2024. Т. 5. № 74. С. 1059–1062.


АВТОРЫ **Щеглов Михаил Александрович**

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (АО «НИИАС»), Москва, Россия
отдел спутникового мониторинга

 0009-0000-2212-5793


Карелов Алексей Игоревич

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (АО «НИИАС»), Москва, Россия
Центр внедрения космических технологий

 0009-0005-9533-6483

Павловский Андрей Александрович

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (АО «НИИАС»), Москва, Россия
канд. техн. наук

 0009-0005-5666-7538

Поступила 27.11.2024. Принята к публикации 23.04.2025. Опубликовано 30.04.2025.



The methodology of collecting and analyzing heterogeneous geoinformation for solving problems of construction control at railway construction sites

Mikhail A. Scheglov¹✉, **Alexey I. Karelov¹**, **Andrey A. Pavlovsky¹**

¹ JSC “Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport”, Moscow, Russia

✉ mihail_sheglov@mail.ru

CITATION Scheglov MA, Karelov AI, Pavlovsky AA. The methodology of collecting and analyzing heterogeneous geoinformation for solving problems of construction control at railway construction sites. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025;69(2): 23–34. DOI:10.30533/GiA-2025-011.

KEYWORDS construction control, aerial photography, unmanned aerial vehicle, railway, orthophotoplane, digital terrain model, cross-profile construction, calculation of excavation volumes, photogrammetry, satellite data, remote sensing of the Earth

ABSTRACT In the process of construction, reconstruction, major repairs of capital construction projects in accordance with the legislation of the Russian Federation, construction control is carried out aimed at checking the compliance of the work performed with the design documentation requirements of technical regulations, the results of engineering surveys, the requirements for the construction, reconstruction of the capital construction project. Construction control performed by traditional methods is associated with significant labor costs when implemented on large area or extended objects. The authors of the article describe the experience of using aerospace remote sensing methods of the Earth, aimed at simplifying the task of the inspector to control the work performed at the construction site and significantly reducing the volume of geodetic work. The advantages and disadvantages of various remote sensing methods are given when applied in the course of construction control. The requirements for aerial photography materials obtained by unmanned aerial systems necessary for the formation of orthophotomaps, digital terrain models, point clouds of laser reflections, etc. are described. The structure of the report generated on the basis of a comprehensive analysis of Earth remote sensing data and design documentation is described. The final section of the article describes the positive effects obtained from the application of the method, as well as the prospects for using the information obtained at facilities designed using information modeling technologies in construction.

- REFERENCES**
1. Grishina AI, Ramzanov RR, Glukhov AV, et al. Kombinirovanie metodov nazemnogo lazernogo skanirvaniya i ajerofotos"emki s bespilotnogo letatel'nogo apparata dlja povysheniya jeffektivnosti i kontrolja promyshlennogo stroitel'stva [Combination of surface laser scanning and aerosurveying methods using unnamed aerial vehicle for industrial engineering control efficiency improvement]. *Vector of Geosciences*. 2020;3(3): 55–67. (In Russian). DOI:10.24411/2619-0761-2020-10032.
 2. Chermoshentsev AYu. Obnovlenie topograficheskikh planov masshtaba 1 : 5000 s ispol'zovaniem kosmicheskikh snimkov sverhvyssokogo razresheniya [Large-scale maps updating using very high-resolution satellite images]. *Interexpo GEO-Siberia. Proceedings of VIII International scientific congress*. Novosibirsk: SSGA; 2012;1(4): 29–32. (In Russian).
 3. Scheglov MA, Karelov AI, Mayorov AA, et al. Monitoring ob"ektov stroitel'stva zheleznodorozhnoj infrastruktury s primeneniem dannykh s bespilotnykh aviacionnykh sistem [Monitoring of railway infrastructure construction facilities using UAS data]. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2023;67(5): 153–164 (In Russian). DOI:10.30533/GiA-2023-069.
 4. Ham Y, Han KK, Lin JJ, et al. Visual monitoring of civil infrastructure systems via camera-equipped Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a review of related works. *Visualization in Engineering*. 2016;4: 1–8. DOI:10.1186/s40327-015-0029-z.
 5. Taj G, Prema R, Anand S, et al. Monitoring and Management of Construction Sites Using Drone. *Proceedings of International Conference on Innovative Technologies for Clean and Sustainable Development*. Cham: Springer, 2021: 705–720.
 6. Anwar N, Amir Izhar M, Najam FA. Construction Monitoring and Reporting using Drones and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (Colombo, Sri Lanka, July 2–4, 2018)*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/326264559_Construction_Monitoring_and_Reporting_using_Drones_and_Unmanned_Aerial_Vehicles_UAVs (Accessed 24 September 2024).
 7. Noskov IV, Noskov KI, Tinenskaja SV, et al. Dron-tehnologii v stroitel'stve – sovremennye reshenija i vozmozhnosti [Drone technologies in construction – modern solutions and opportunities]. *The Eurasian Scientific Journal*. 2020;5(12). (In Russian). Available from: <https://esj.today/PDF/37SAVN520.pdf> (Accessed 18 October 2024).
 8. Kudasova AS, Tjutina AD, Sokol'nikova JeV. Primenenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v stroitel'stve [The appliance of unmanned aerial vehicles in construction]. *Engineering Journal of Don*. 2021;8(80): 31–38. (In Russian).
 9. Semenov AS, Slonich KA. Obsledovaniya zdaniy i sooruzhenij s primeneniem bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Surveys of buildings and structures using unmanned aerial vehicles]. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2017;9: 160–163. (In Russian). DOI:10.12737/article_59a93b0c110aa8.01447096.
 10. Vorsin NE, Jakovlev AE. Primenenie BPLA v proektirovanii i stroitel'stve avtomobil'nykh dorog [The use of UAVs in the design and construction of highways]. *Vestnik nauki*. 2024;5(74): 1059–1062. (In Russian).


AUTHORS **Mikhail A. Scheglov**

JSC “Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport”, Moscow, Russia
Satellite Monitoring Department

 0009-0000-2212-5793


Alexey I. Karelov

JSC “Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport”, Moscow, Russia
Space Technology Implementation Center

 0009-0005-9533-6483

Andrey A. Pavlovsky

JSC “Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport”, Moscow, Russia
PhD in Engineering

 0009-0005-5666-7538

Submitted: November 27, 2024. Accepted: April 23, 2025. Published: April 30, 2025.