



УДК 528.2/.5/.8 + 625.7/.8



Н. Ы. ИСМАИЛОВ

КГУСТА ИМ. Н. ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: NUR_ISMAILOV@MAIL.RU

N. Y. ISMAILOV

KSUCTA N.A. N. ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC

А. К. БЕКТУРОВ

КГУСТА ИМ. Н. ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: ADILET.BEKTUROV@GMAIL.COM

A. K. BEKTUROV

KSUCTA N.A. N. ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC

Б. А. ОМОРОВ

ЧАЙНА РОУД ЭНД БРИДЖ КОРПОРЕЙШН
E-MAIL: BAKYTO@INBOX.RU

B. A. OMOROV

CHINA ROAD AND BRIDGE CORPORATION

К. РАХАТБЕК УУЛУ

КГУСТА ИМ. Н. ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: RAKHATBEKOVKUTMAN94@GMAIL.COM

K. RAHATBEK UULU

KSUCTA N.A. N. ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC

E.mail. ksucta@elcat.kg

**ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ПРИ ПОМОЩИ БЕСПИЛОТНОГО
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (БПЛА) НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ
ИЗЫСКАНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

**APPLICATION OF AERIAL PHOTOGRAPHY DATA WITH THE USE OF THE UNMANNED
AERIAL VEHICLES (UAV) AT THE ENGINEERING-GEODESIC SURVEYS OF
AUTOMOBILE ROADS**

Бул макалада пилотсуз учуучу аппараттын жардамы менен алынган аэрофотосъемканын маалыматтарын автоунаа жолдорун куруудагы изилдөөлөргө колдонуу технологиясы каралат.

***Чечүүчү сөздөр:** аэрофотосъемка; пилотсуз учуучу аппарат; инженердик-геодезиялык изилдөөлөр; автоунаа жолдорун куруудагы изилдөөлөр; ГИС технологиялары.*

В данной статье рассматривается технология применения данных аэрофотосъемки при помощи беспилотного летательного аппарата на изысканиях автомобильных дорог в комплексе с традиционными наземными методами.

***Ключевые слова:** аэрофотосъемка; беспилотный летательный аппарат (БПЛА); инженерно-геодезические изыскания; изыскания при строительстве автомобильных дорог; ГИС-технологии.*

This paper describes the technology of application of aerial photography data's by using an unmanned aerial vehicle in highways survey in combination with the traditional ground-based methods.

***Key words:** aerial photography; unmanned aerial vehicle (UAV); engineering-geodetic surveys; highway and roads survey, GIS technology.*



Введение. Для разработки проекта строительства автомобильной дороги, необходимо выполнить ряд условий. Одно из важнейших условий является, выполнение инженерно-геодезических изысканий, результатом которых является создание топографического плана заданного масштаба и точности. И чем быстрее и качественнее выполнены изыскания, тем успешнее будет выполнен проект.

Важнейшая проблема при выполнении инженерно-геодезических изысканий, это сроки выполнения работ. Они, как правило, всегда сжаты, и каждая организация стремится не выйти за временные рамки, что грозит штрафными санкциями, а выполнить весь объем работ в сроки, при этом не потерять в качестве. Для того чтобы снизить сроки выполнения работ, нужно максимально, на сколько это возможно, автоматизировать топографическую, геодезическую и изыскательскую работу [1].

В настоящее время создано очень много современных геодезических приборов и новых геодезических технологий, принципиально отличных от традиционных. В прежние годы для каждого вида измерений существовал свой тип приборов: для угловых измерений - теодолит, для высотных измерений - нивелир, для линейных измерений - рулетка и дальномер. Каждый прибор, в зависимости от предполагаемого использования имел свою характеристику точности. На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты (БПЛА) — можно считать инструментами естественного развития, связанным с общим развитием приборостроения и электроники, что является оптимальным вариантом для оперативного получения пространственных данных. На беспилотные аппараты может быть установлено различное оборудование для проведения изыскательских работ.

В качестве новых методов выполнения геодезических изысканий, аэрофотосъемки с использованием БПЛА протяженностью 1,1 км, были выполнены на строящейся альтернативной дороге «Север-Юг». Новый метод позволил получить за короткий промежуток времени качественные пространственные данные для дальнейшей работы проектировщиков и строителей.

Методология и данные. В настоящее время с развитием новых технологий дистанционного зондирования Земли все чаще стали применяться такие методы получения геопро пространственных данных, как космическая съемка, лазерное сканирование (наземное и воздушное), радиолокационное зондирование, цифровая аэрофотосъемка с использованием как пилотируемой авиации, так и БПЛА. В последние годы для съемки небольших площадей все большее применение находит технология дистанционного зондирования с использованием беспилотных летательных аппаратов. Беспилотные летательные аппараты, используемые для аэрофотосъемки местности бывают как *самолетного*, так и *вертолетного* типов. Аэрофотосъемка — один из самых эффективных методов получения пространственных данных. Высокое разрешение (до нескольких сантиметров) и качество изображений обеспечивают широкое применение данных аэросъемки в различных сферах деятельности. На сегодняшний день аэрофотосъемка активно развивается благодаря появлению лёгких недорогих беспилотных летательных аппаратов, позволяет обойти многие описанные сложности и выдать предварительный результат уже на следующий день, а окончательный — через какое-то время, гораздо меньшее по сравнению со временем, потраченным на выполнение геодезических изысканий только наземным способом [2].



Рис.1. Аэрофотосъёмка с помощью беспилотных летательных аппаратов

Аэросъемка позволяет полностью обеспечить исходной информацией процесс создания картографических и ГИС-материалов масштаба 1:500 -1:5000. Это дает широкий набор услуг в области аэросъемочных работ – выполнение цветной, ближней инфракрасной, тепловизионной



аэрофотосъемки, а также воздушного лазерного сканирования. Детальность материалов аэрофотосъемки может колебаться от 30 до 3 см, что позволяет обеспечить решение широкого круга задач без выезда на местность.

Исходными данными для фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки с БПЛА служат аэрофотоснимки в одном из принимаемых системой форматов, геодезические данные о местности и параметры съемочной камеры. Загрузка аэрофотоснимков в систему осуществляется из папки, куда они предварительно помещены после завершения аэрофотосъемки, выполненной с использованием цифровой камеры. Единственное требование к таким аэроснимкам — достаточно высокое (≈ 5 Мп и более) разрешение изображения. Определение в процессе обработки снимков параметров калибровки камеры (в том числе коэффициентов радиальной и тангенциальной дисторсии) открывает возможность использования как специализированных, так и неметрических камер.

Геодезические данные о местности могут быть представлены либо расстояниями между опознанными на аэроснимках точками, либо их пространственными положениями в системе координат местности. В первом случае программа ограничится приведением построенной фотограмметрической модели к заданному масштабу, а во втором — ее геодезическим ориентированием, построением ортофотопланов, цифровых и текстурированных моделей местности [3].

В качестве опорных допустимо использование зафиксированных в полете координат центров фотографирования и (или) точек полевой подготовки (привязки аэроснимков), каждая из которых должна иметь пространственные координаты X, Y, Z . Точность представления координат должна обеспечивать возможность выполнения требований к качеству обработки снимков, а в случае использования их при создании топографической основы для выполнения тех или иных работ — требованием соответствующих нормативных документов. Фрагмент файла навигационных данных, полученных соответствующей аппаратурой БПЛА, представлен на рис.2.

№ п/п	Номер снимка	Широта В, °	Долгота L, °	Высота Н, м	Крен, °	Тангаж, °	Курс, °
26	fly1DSC07163.jpg	60,411651	30,272992	245,831417	-02,300000	-02,400000	336,500000
27	fly1DSC07164.jpg	60,412160	30,272543	243,431417	-03,000000	-05,600000	336,300000
28	fly1DSC07165.jpg	60,412707	30,272089	243,431417	-01,400000	-06,500000	338,800000
29	fly1DSC07166.jpg	60,413248	30,271690	243,931417	-02,500000	-05,800000	341,200000
30	fly1DSC07167.jpg	60,413786	30,272332	243,731417	-00,800000	-04,900000	341,500000
31	fly1DSC07168.jpg	60,414331	30,270963	243,431417	00,800000	-05,100000	341,400000
32	fly1DSC07169.jpg	60,414841	30,270594	242,431417	-02,600000	-05,100000	338,800000
33	fly1DSC07170.jpg	60,415354	30,270192	242,331417	-02,900000	-06,900000	339,400000
34	fly1DSC07171.jpg	60,415873	30,269822	242,131417	00,500000	-06,400000	341,900000

Рис.2. Фрагмент файла навигационных данных, полученных с помощью БПЛА

Наземная топографическая съемка в настоящий момент являются наиболее часто используемым методом для получения высокоточной информации местности. Используя сети базовых станций ГНСС в режиме реального времени (RTK), или методом тахеометрической съемки, геодезист может выполнить измерения сотен точек в день.

Технология получения точной цифровой модели местности, состоит из двух главных этапов: получения изображений и их обработки.

Получение аэрофотоснимков выполняется с использованием компактного и сверхлегкого беспилотного летательного аппарата, оснащенного цифровой камерой высокого разрешения, установленной на борту самолета. Полет выполняется полностью в автоматическом режиме от взлета до посадки. Наземная контрольная станция управления (GCS) используется для запуска, управления полетом и процессом съемки (рис. 3) [1].



Рис.3. Консоль управления над БПЛА

Полученные наборы данных представляют собой изображения, привязанные к опознавательным знакам. Опознавательные знаки закладываются и привязываются к пунктам ГГС, находящимся в близости участка дороги «Север-Юг», при помощи GPS оборудования методом спутниковых наблюдений (рис 4.).



Рис. 4. Закладка опознавательных знаков

На этапе аэрофотосъемки производится формирование полетного задания для БПЛА. Оно выполняется программой – планировщиком полета, кроме это программа выполняет такие задачи, как выбор высоты полёта, процент продольного и поперечного перекрытия фотоснимков и запуск автоматической съемки. Также, оператор должен задать на карте контур участка съемки и примерное положение стартовой площадки, установить требуемое разрешение и перекрытие, после чего программа рассчитывает план полета и проверяет его выполнимость.



Рис. 5. Тестирование БПЛА перед выполнением аэрофотосъемки

После выполнения аэрофотосъемки участка получают набор снимков сверхвысокого разрешения и облако точек, необходимые для создания цифровой модели местности. На этапе обработки



изображений эти данные при использовании специального программного обеспечения преобразуются в цифровую модель местности (ЦММ). Этот процесс очень хорошо автоматизирован, включая ввод поправок для калибровки камеры и привязки изображений к требуемой системе координат, получение пространственных координат точек, классификацию точек и преобразование данных в формат ЦММ. Качество данных может быть улучшено за счет добавления некоторого количества наземных данных (измерений) для привязки ЦММ к локальной системе координат.

Выполненные съемочные работы протяженностью 1,1 км (с ПК 344 + 700 по 345+800) на участке строительства альтернативной автомобильной дороги «Север-Юг» послужили для определения основных параметров таких, как объем земляных масс, расчет дорожного полотна.

Результаты. Один квадратный километр местности можно отснять в течение получасового полета на высоте 150 метров и с пространственным разрешением 5 сантиметров.

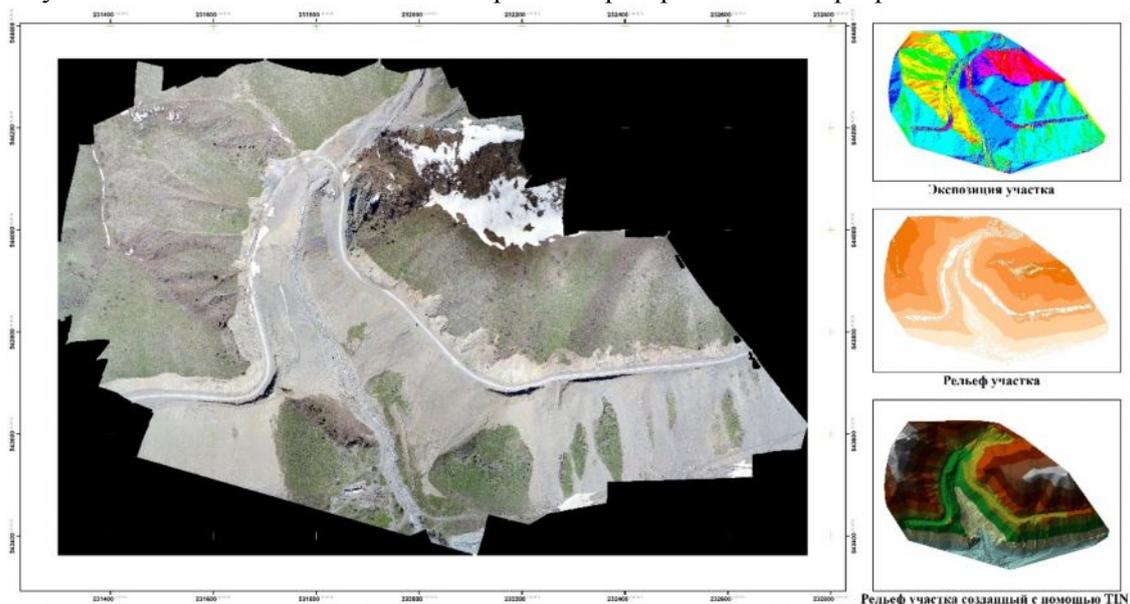


Рис.6. Фрагмент ортофотоплана и полученные различные цифровые модели участка альтернативной автомобильной дороги «Север-Юг»

Превращение снимков в подробный ортофотоплан и ЦММ происходит автоматически при помощи специального программного обеспечения. Пользователь получает оперативную цифровую информацию для интерпретации ее в топографический план или подробную карту в масштабе 1:500 – 1:5000 (рис. 5).

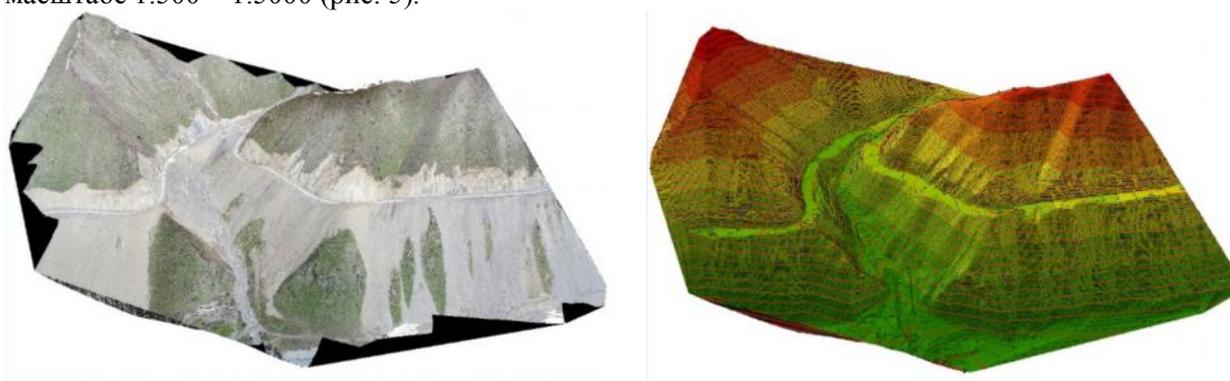


Рис.7. Трехмерные модели рельефа участка строительства

Применение комплекса БПЛА позволяет производить оперативный дистанционный мониторинг как собственно автомобильных дорог, так и прилегающих территорий для получения данных высокого и сверхвысокого разрешения (рис.7).

Полученные цифровые фотоснимки привязываются в координатном пространстве, и на их основе составляются фотопланы участков автомобильной дороги. Фрагмент фотоплана, полученного с высоты 150 м, представлен на рис. 5. Съемка обеспечивает достаточно широкую полосу захвата

вдоль автодороги с получением изображений развязок, придорожной полосы и прилегающих к трассе объектов муниципальной инфраструктуры [3]. Однако в данном случае разрешение снимков не соответствует требованиям детального дешифрирования мелких эрозионных форм, расположенных вблизи трассы. Эту проблему решает съемка с высоты менее 150 м с пространственным разрешением снимков порядка 2 см на один пиксел.

С помощью информации, получаемой с БПЛА, координируется работа наземного комплекса: на основе материалов крупномасштабной съемки появляется возможность его целенаправленного применения в местах строительства и реконструкции автомобильных дорог (рис. 8).

Заключение. В данной работе была рассмотрена возможность применения данных аэрофотосъемки при помощи беспилотного летательного аппарата при геодезических изысканиях автомобильных дорог в период строительства в комплексе с традиционными наземными методами. Применение комплекса БПЛА позволяет производить оперативный дистанционный мониторинг как собственно автомобильных дорог, так и прилегающих территорий для получения данных высокого и сверхвысокого разрешения.

Полученные результаты подтвердили эффективность применения комплекса БПЛА для решения следующих задач:

- ✓ ведения оперативного мониторинга состояния дорожного полотна;
- ✓ контроля за строительными и ремонтными работами на дорогах;
- ✓ обнаружения дефектов дорожного полотна и определения их параметров;
- ✓ получения материалов цифровой съемки в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах;
- ✓ получения трехмерной модели дороги по стереопарам;
- ✓ формирования банка данных материалов аэросъемки;
- ✓ получения информации о состоянии дорожного полотна, в том числе определения геометрических параметров (продольных и поперечных уклонов, радиусов кривых в плане и профиле, высотных отметок, видимости, пройденного пути);
- ✓ определения параметров транспортного потока.

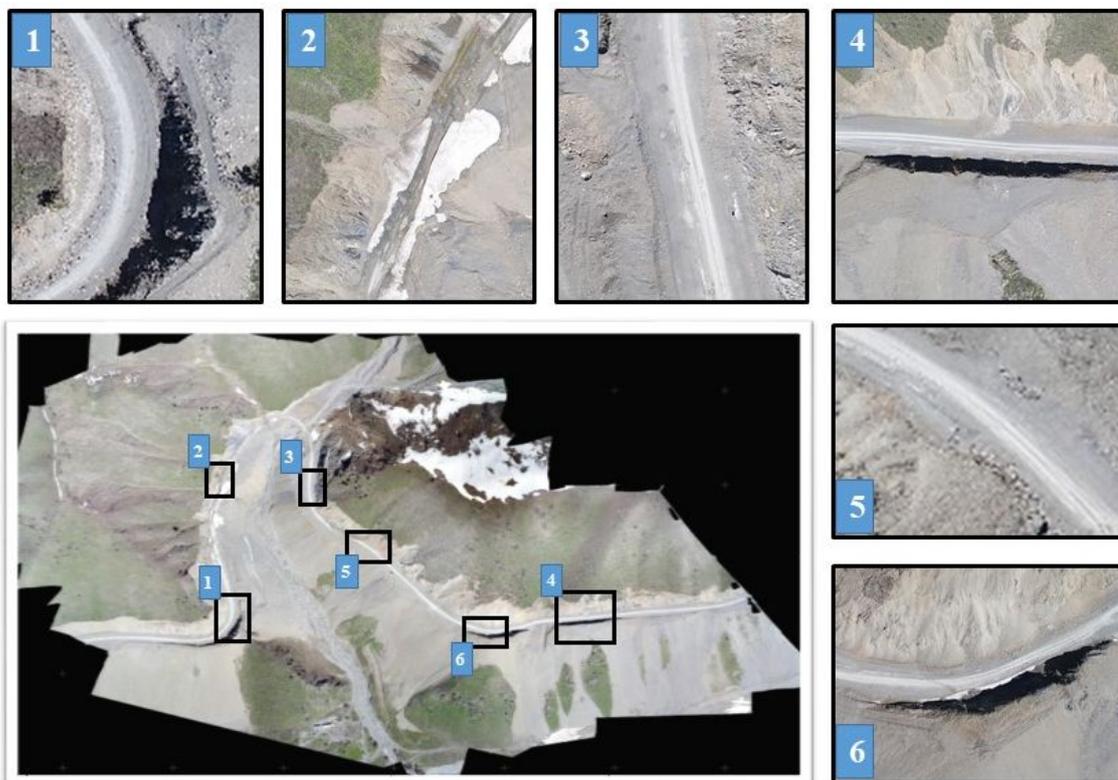


Рис. 8. Увеличенные фрагменты снимка автодороги с разрешением снимка 5 см помогают определить качество грунта и его состояния.

Результаты показали, что предлагаемая технология применения БПЛА в инженерно-геодезических изысканиях автомобильных дорог является современным и экономически



эффективным средством исследования состояния автомобильных дорог и прилегающих территорий.



Список литературы

1. Божко Р.И. Применения аэрофотосъемки при помощи беспилотного летательного аппарата на инженерно-геодезических изысканиях автомобильных дорог [Текст] / Р.И.Божко. – Иркутск: Изд. Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2014. - №2. - с. 5.
2. Масляно В.Я. Применение 3D технологий при оперативном планировании и проектировании открытых горных работ [Текст] / В.Я. Масляно. - Москва: Изд. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. - с. 4337-4347.
3. Иноземцев Д.П. Беспилотные летательные аппараты: Теория и практика. Часть 2. Модель обработки аэрофотоснимков в среде Agisoft Photoscan. [Текст] / Д.П. Иноземцев // Сборник научных трудов «Технологии CREDO без границ». - Краснодар: 2016.