

Суева Д.С.

*Научный руководитель П.С. Шпаков, профессор д-р т.н.  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail spsp01@rambler.ru*

### **Применение беспилотных авиационных систем при производстве маркшейдерских работ с оценкой точности**

Беспилотные авиационные системы используются в различных областях гражданского сектора. С помощью них можно создавать и обновлять базы данных ГИС для различных дисциплин. В частности, они нашли широкое применение в сфере природных ресурсов, развития инфраструктуры и контроля городского хозяйства, сельском хозяйстве, горной промышленности и социальных науках.

Согласно находящимся в открытом доступе документам организаций Европейского Союза, распределение потребительского спроса на гражданские БПЛА в период с 2015 по 2020 г. выглядит следующим образом: 45 % — правительственные структуры, 25 % — пожарные, 13 % — сельское хозяйство и лесничество, 10 % — энергетика, 6 % — обзор земной поверхности, 1 % — связь и вещание.

Главные возможности для использования БПЛА в горной промышленности наиболее ярко проявляются в маркшейдерии, геологии, геотехнике, в усовершенствовании процесса работ.

Картографическая и геодезическая обеспеченность района работ является одним из важнейших вопросом разведки месторождений. Множество других видов геодезических работ приходится выполнять при строительстве месторождений, а также на протяжении всего срока их разработки.

БАС может быть использована при оконтуривании и вычислении площадей предполагаемых месторождений, при геодезическом обеспечении процесса строительства.

Сбор и обработка данных аэрофотосъемки с использованием БПЛА для моделирования геопространства выполняется маркшейдерской службой.

На подготовительном этапе должны быть выполнены:

- анализ исходных материалов, включающих краткую физико-географическую характеристику района работ, сведения о наличии пунктов геодезической сети и пунктов маркшейдерской сети;
- разработка требований к точности и детальности модели геопространства, на основании которых должен быть осуществлен выбор БПЛА;
- расчет параметров аэрофотосъемки: пространственного разрешения цифровых снимков, высоты фотографирования; планирование маршрутов с использованием программных средств, совместимых с системой автоматического управления БПЛА.

На этапе создания планово-высотного обоснования должны быть решены следующие задачи:

- разработка проекта, в котором определены система координат, точность определения координат опознаков, схема расположения опознаков с учетом имеющихся пунктов геодезической сети и пунктов глобальной навигационной спутниковой сети;
- маркировка опознаков, обеспечивающая уверенное распознавание их на снимках;
- определение координат и высот опознаков с заданной точностью.

На этапе аэрофотосъемки с использованием БПЛА выполняются:

- определение места стартовой площадки для БПЛА в зависимости от типа БПЛА и в соответствии с рекомендациями эксплуатационных документов; плановая съемка.

Этап составления фотограмметрического проекта включает следующие процессы:

- импорт цифровых снимков с последующей оценкой качества и отбраковкой избыточных и непригодных для дальнейшей обработки снимков;

- выбор и установка параметров обработки, способствующих получению фотограмметрической модели заданной точности и детальности;
- загрузка координат опознаков, определение местоположения и измерения координат опознаков на снимках.

На этапе фотограмметрической обработки снимков выполняются:

- пространственная фототриангуляция с использованием автоматического отождествления соответствующих точек перекрывающихся снимков;
- построение фотограмметрической модели в виде точечной цифровой модели;
- оценка точности фотограмметрической модели с использованием контрольных точек, равномерно распределенных на территории съемки.

При получении результатов оценки точности, удовлетворяющих заданным требованиям, выполняется экспорт в обменные форматы, совместимые с геоинформационными системами. Результаты фотограмметрической обработки должны сопровождаться метаданными, состав и формат которых определяется техническим заданием.

Для маркировки пунктов планово-опорной сети были использованы прямоугольники ярко – красного цвета 30\*30, схема расположения пунктов приведена на рис.1.



Рис.1. Схема расположения пунктов планово – высотного обоснования



Рис.2. Вид БПЛА DJI Phantom 4 PRO

Для определения плановых координат и высот опознаков объекта, был использован лучевой метод. В режиме "Быстрая статика" были измерены координаты пунктов планово-высотного обоснования.

Согласно предложенной выше методике на подготовительном этапе проанализированы исходные материалы, сформированы требования к точности и детальности, выполнен расчет параметров аэрофотосъемки с использованием БПЛА DJI Phantom 4 с установленной цифровой фотокамерой DJI FC330 с фокусным расстоянием 4 мм и размером кадра 4 000 × 3 000 пикселей. Данный БПЛА относится к вертолетному типу (рис.2) и предназначен для выполнения плановой аэрофото- и видеосъемки на высоте до 500 м.

Съемка выполнена на высоте около 150 м. Планирование маршрутов съемки с заданным продольным и поперечным перекрытием снимков около 80 % осуществлено средствами мобильного приложения Pix4D Poligon Mission.

В качестве инструмента для фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки, полученных с БПЛА, выбрано программное обеспечение Agisoft Metashape.

На этапе импорта цифровых аэрофотоснимков в фотограмметрический проект исключены избыточные снимки и снимки низкого качества. Для проекта установлена местная система координат.

В результате фотограмметрической обработки с использованием получены цифровая модель поверхности, цифровая модель рельефа и ортофотоплан (рис.3 – 5).

Фотограмметрической обработки с использованием ПО Agisoft Metashape материалов разных видов АФС и их сочетаний получены и проанализированы точечные цифровые модели поверхности.

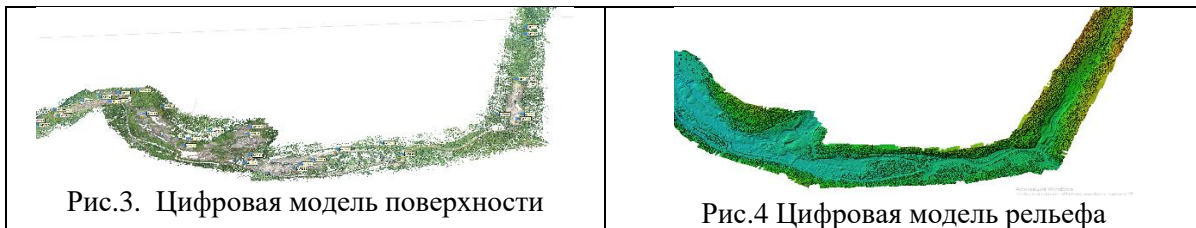


Рис.5. Ортофотоплан

Оценка точности показала, что СКП определения положения характерных точек не превышает 12 см в плане и 6 см по высоте, что соответствует требованиям инструкции ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 и позволяет создавать планы и карты масштаба 1:1000 и сечением рельефа 1м.

Таким образом, фотограмметрические модели в виде точечных цифровых моделей поверхности, построенные по материалам АФС с использованием БПЛА, целесообразно использовать для маркшейдерских задач, с целью построения планов горных работ.