

УДК 528.71:622.1

**ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЛАНОВ ГОРНЫХ РАБОТ
С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Миронов И.А., студент гр. ГМс-211, IV курс, Латагуз М.М., ст. преподаватель
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Весомой частью маркшейдерских работ является составление горнографической документации. Данная работа занимает много времени для составления планов.

Поэтому на текущий момент на горных предприятиях активно используют современные технологические средства и инструменты, а конкретно беспилотные летательные аппараты (БПЛА) для построения цифровых планов горных работ. Актуальность данной работы обусловлена развитием современной техники и наработкой передовых технологий в маркшейдерском деле. Если раньше на обработку ортофотоснимков и построение топографической основы требовались значительные временные и материальные затраты, на организацию транспорта и работу лаборатории по обработке и дешифровке данных, то на данный момент скорость обработки зависит только от мощности аппаратных средств и объема данных.

Появилась возможность использовать как персональный компьютер, так и объединение по сети компьютеров, в кластер для обработки данных без ограничений. Пополнение планов горных работ позволяет, в короткие сроки решать вопросы, связанные с горным производством по открытой добыче полезных ископаемых, реализовывать мониторинг влияния подработки, открытыми и подземными горными работами на поверхность. Актуализировать и своевременно пополнять топографическую основу.

Из опыта, использования нескольких БПЛА таких как Phantom 4, Phantom 4 PRO, Phantom 4 PRO Absidian, Phantom 4 RTK, последний оказался самым стабильным, из перечисленной линейки.

Из-за встроенной более мощной антенны приема спутниковых сигналов, более устойчивой связи с пультом, посредством встроенного модема, он менее всех реагирует на внешние помехи, вызванные магнитными излучениями от ВЛЭП и трансформаторных подстанций, так и влиянием внешних излучателей (ретрансляторы и усилители сигналов WIFI) работающих в частотном диапазоне 2,4 ГГц. Данные помехи значительно влияют на точность.

Во встроенном программном обеспечении пульта нет возможности на обновление самостоятельно подготовленной картографической подложки из-за этого создание границ полетного задания может создавать затруднения и требовать от оператора более глубоких познаний района при проведении работ, а также историю изменения земной поверхности в поисках ключевых или

характерных точек для участка. (для примера обращение от 02.11.2024 к свободным картографическим ресурсам как BING, Яндекс, Google карты.) Данные карты находятся в свободном доступе, их можно свободно использовать.

Для установки более точных границ, их импортируем с внешних KML файлов в виде набора точек или замкнутых полигонов, что дает возможность



Рис.1 Карты для загрузки Яндекс, Google карты

настройки полетного задания в заданных параметрах без лишнего перекрытия фотосъемки (избавляет от ненужного повторяющегося объема информации при облете больших протяженных объектов можно их поделить на сегменты) и трудозатрат по времени на выполнение работ так, как оно ограничено метеоусловиями характерными для регионов (погода может меняться в день по несколько раз).

На одной батарее квадрокоптер делает от 300 – до 428 снимков в зависимости, от расстояния точки старта и окончания полетного задания, климатических условий (в идеальных условиях полетное время 30 мин по паспорту, по факту 20 мин). Под влиянием внешних факторов он тратит энергию на взлет и перелет на контрольную точку начала и конца задания и возвращение на пункт взлета. Сопротивление ветру, изменению температуры окружающей среды все это влияет на саморазряд LiPo батарей. Для бесперебойной работы необходимо иметь комплект запасных батарей.

Построение полигонов интересующих работ можно выполнять в Google Earth Pro или ASPlanet

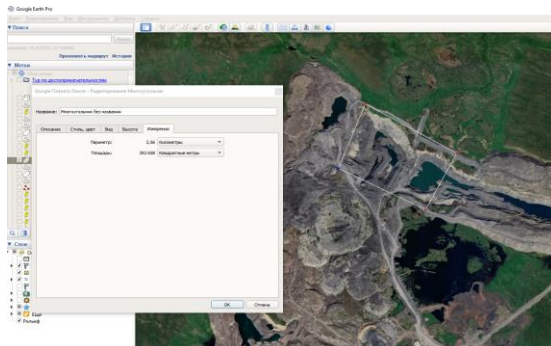


Рис.2 Построение полигона в ПО Google Earth

Данный полигон укладывается в интервал 15 минут полетного задания на уровне 130 метров от земной поверхности с точностью 3,5 - 4 см на 1 пиксель (данные по точности взяты с ПО пульта при построении задания). На

micro SD носитель мы записываем KML файл, далее включаем пульт и подключаем его в боковой разъем для флеш накопителей



Рис. 3 Выбор пилотного маршрута на заданном полигоне

На месте проведения работ, разносим по местам опорные знаки в виде крестов и снимаем их координаты с помощью GPS ровера.

Знак в виде креста, идеальны выбор, а цвет выбирается такой, чтобы не сливался на фоне снимаемого объекта. В зимнее время красный, осенью белый, летом красный. Опознаки раскладываются симметрично по периметру и 1-2 по центру или в углублениях, выемках, для контроля построения по высотной отметке. Знаки раскладываются на плоскую поверхность.

В начальном этапе проверяем уровень сигнала спутников и подключение к серверу RTK. В режиме RTK их количество должно быть не менее 22 спутников, если не удастся установить связь, переходим в режим GNSS, здесь достаточно 16-18 спутников, если спутников меньше ждем сигнала. Взлет при малом количестве спутников не осуществим. Полевые работы с подготовкой участка занимают не значительную часть работы.

Камеральная обработка.

С квадрокоптера копируем снимки в компьютер, импортируем точки привязки с контролера GPS. Запускаем Agisoft, создаем новый проект.

Соблюдая последовательность работ. Обработка→ импорт фото→импорт папки→выбираем по директории папку с фото, обработка→выровнять снимки→ОК.

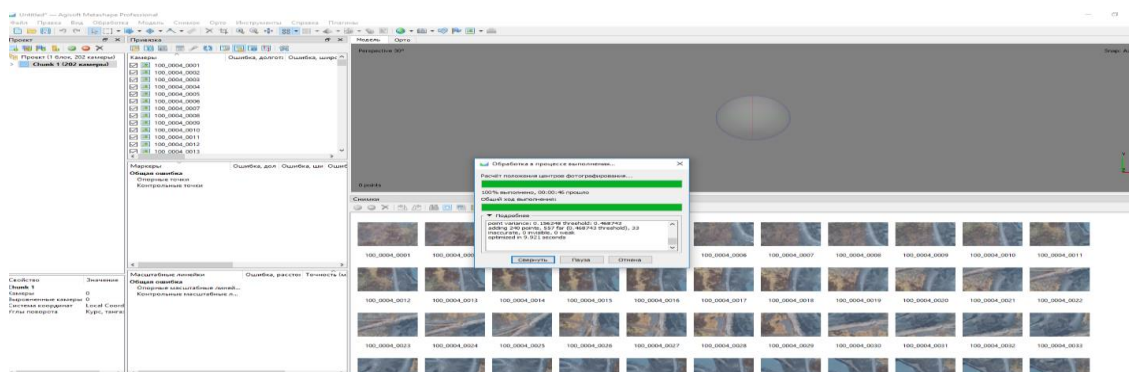


Рис. 4 Этап преобразования снимков, из системы WGS-84, по маркерам (опорные метки) в местную систему координат

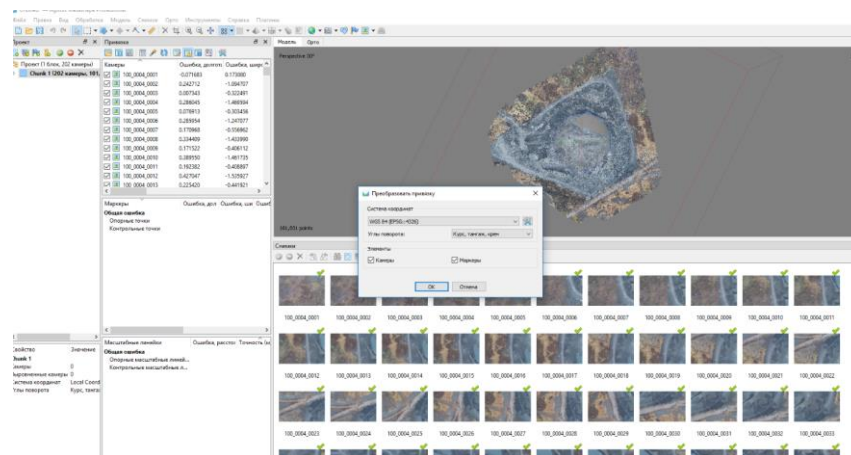


Рис. 5 Выбор системы координат

Вкладка привязка импорт маркеров, помогает отфильтровать по маркерам, только те фото, где есть маркер.

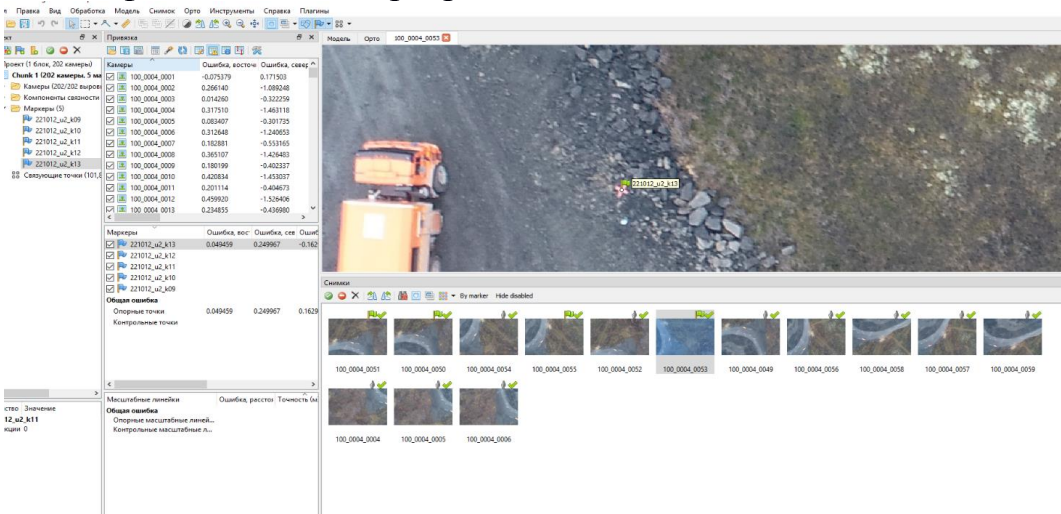


Рис. 6 Оптимизация центров снимков и проверка ошибок положения

Данную операцию повторяем со всеми маркерами. Чем больше снимков задействованы, тем точнее получаем калибровку. Корректировка позволяет, координировать снимки.

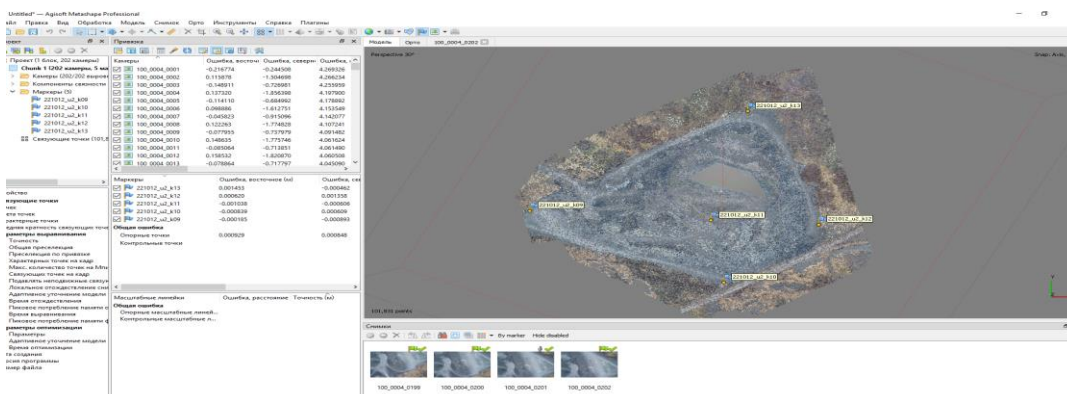


Рис.7 Расположение маркеров по плану

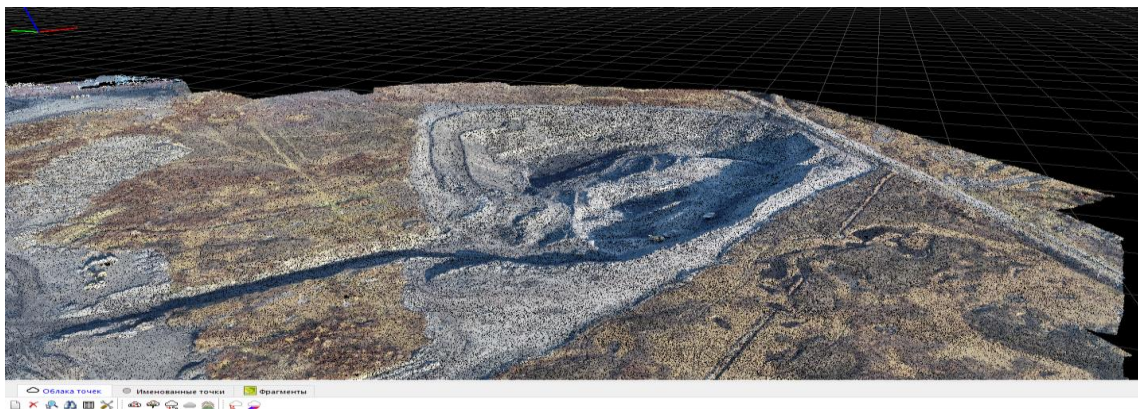


Рис. 8 Облако точек 3D план

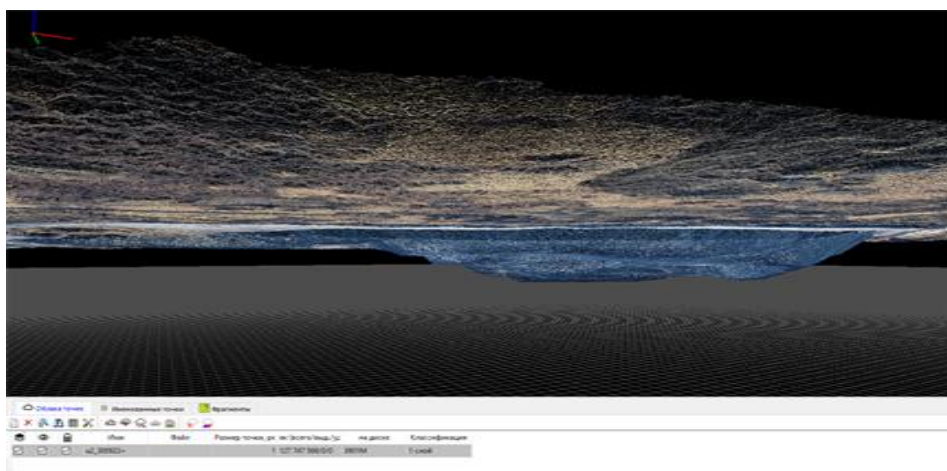


Рис.9 Вертикальный разрез съёмки

Далее выявляем наличие шума (точек, сильно отличающихся по высоте от модели, при построении цифровых моделей, если на снимках попадают водоемы, очень сильно бликующие поверхности программа не может точно вычислить их положение на модели редактируется), удаляется техника и края съемки с кустарником или растительностью. После обрезки и редактирования облака точек можно проредить для уменьшения количества и объема информации для более комфортной работы (к примеру, на показанной выше не прореженной модели 90-250 точек на метр, что требует очень мощных аппаратных средств для отображения и работы с ними) и создаем триангуляционную поверхность с количеством точек 1-2 на метр или для топоплана 1 на 10 метров. Данную триангуляционную поверхность можно экспортировать в формат DXF для работы в стороннем ПО отличным от линейки ПО Кредо.

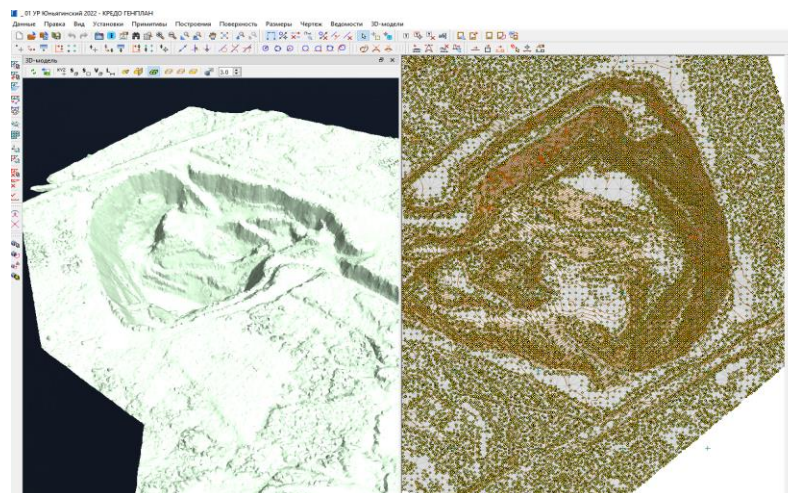


Рис. 10 Облако точек в Кредо и генплан

Плюсы:

- объемы производства и скорость работ;
- опыт эксплуатации, налет в разные периоды времени года, работа с нестандартными ситуациями, взаимодействие с органами Организации Воздушного Движения, работа с автоматической системой подачи заявок на введение зон ограничений и полеты;
- опыт работы с большими объемами данных;
- построение цифровых моделей, работа с облаками точек и высоко-детализированными ортофотопланами;
- мониторинг для дальнейшего проектирования развития горных работ, рекультивации, своевременного информирования и выдачи предписаний руководителям;
- мониторинг признаков трещин, заколов, обрушения и других проявлений опасных зон;
- безопасность выполняемых работ;

Минусы:

- продукция компания DJI не имеет свидетельства об утвержденном типе средства измерения в Росстандарте;
- до конца не сформирована нормативная база регламентирующая порядок работ, поверки оборудования и т.д.;
- нет образовательных программ и стандартов в реалии они не всегда успевают за технологиями;

Список литературы

1. Игнатов Ю. М. Учебная маркшейдерская практика, оформление результатов в виде цифрового маркшейдерского плана учебное пособие для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» Ю. М. Игнатов, Е. В. Бакланов, М. М. Латагуз ; ФГОУ ВПО «КузГТУ», <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90489&type=utchposob:common>
2. Измestьев, А. Г. Фотограмметрия и дистанционные методы зондирования Земли: учебное пособие для студентов специальности 21.05.04 "Горное дело", специализации "Маркшейдерское дело" / А. Г. Измestьев ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева Кемерово : КузГТУ, 2017 файл (1,7 Мб) <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91643&type=utchposob:common> ISBN 978-5-906888-77-8 Текст : электронный
3. Инструкцию по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. Утверждена Приказом Роскартографии от 11.06.2002г. N 84-пр
4. Технические характеристики квадрокоптера Phantom 4 RTK [Офиц. сайт]. URL: <https://4vision.ru/products/phantom-4-rtk.html>

подпись _____

Кокарев Р.В.

