

## **Использование современных методов и средств при проведении топографических работ на территории кустовых площадок**

*В. М. Гаврова<sup>1\*</sup>, Н. О. Бороздина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

\* e-mail: gavrova2010@mail.ru

**Аннотация.** Для добычи полезных ископаемых строятся кустовые площадки, которые нуждаются в топографическом картографировании, геодезических измерениях и мониторинге. Цель исследования является рассмотрение возможности и практического опыта использования современных методов и средств при топографическом картографировании на примере кустовых площадок. Для достижения поставленной цели необходимо изучить передовое программное обеспечение, используемое для фотограмметрии, рассказать о использовании этого ПО для создания ортофотоплана территории и проанализировать проведение измерений и изысканий, которые позволяет выполнить Agisoft Metashape Professional. В результате использования представленной технологии появляется возможность проводить изыскательные картографические работы на основе построенного плотного облака и ортофотоплана.

**Ключевые слова:** топографическое картографирование, кустовые площадки, снимки БПЛА, программное обеспечение

## **The use of modern methods and tools when conducting topographic works on the territory of well pads**

*V. M. Gavrova<sup>1\*</sup>, N.O. Borozdina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russian Federation

\* e-mail: gavrova2010@mail.ru

**Abstract.** For the extraction of minerals, cluster sites are being built that need topographic mapping, geodetic measurements and monitoring. The purpose of the study is to tell about the possibility of using modern methods and tools in topographic mapping on the example of bush sites. To achieve this goal, it is necessary to study the advanced software used for photogrammetry, talk about the use of this software to create an orthophotoplan of the territory and analyze the measurements and surveys that Agisoft Metashape Professional allows you to perform. As a result of the use of the presented technology, it becomes possible to carry out survey cartographic work based on the constructed dense cloud and orthophotoplane.

**Keywords:** topographic mapping, well pads, UAV images, software

### ***Введение***

В современном мире происходит активная застройка территорий, строятся жилые дома, торговые центры и много другое. Также осуществляется постройка сооружений на кустовых площадках, которые создаются для добычи полезных ископаемых. Такие площадки нуждаются в топографическом картографировании, геодезических измерениях и мониторинге.

Agisoft Metashape Professional – это передовое программное обеспечение, использующееся для обработки результатов дистанционного зондирования Земли, которое включает в себя технологии машинного обучения для анализа и пост-обработки, что позволяет получать максимально информативные результаты. При использовании данной программы появляется возможность создать проект в определенной системе координат, по загруженным снимкам построить плотное облако, цифровую модель местности и ортофотоплан.

### ***Методы и материалы***

Для выполнения исследования были использованы снимки с БПЛА, их координаты центров фотографирования и опорные точки на территорию интересующей кустовой площадки.

### ***Результаты***

Для начала обработки снимков полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов в программе создается проект и задается система координат. После добавляются фотографии и загружаются их координаты центров фотографирования.

В результате программа автоматически определяет положение камеры для каждого снимка, а на экране отображается схема расположения координат центров фотографирования (рис. 1).

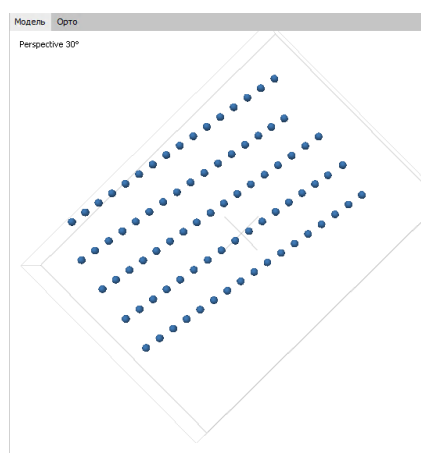


Рис. 1. Схема расположения координат центров фотографирования

Для получения внутренних и внешних параметров камеры необходимо проводить калибровку камеры, которые после вносятся в паспорт БПЛА. Для выполнения калибровки камеры открывается одноименное окно в меню инструменты, в котором выбирается вкладка поправка GPS/INS и вводятся поправки за приведение фазового центра антенны к центру проекции оптической системы фотокамеры. При съемке использовалась камера DSC-RX1R с фокусным расстоянием 35мм, для которой необходимо ввести поправки (рис. 2). Чтобы объединить снимки в одну модель выполняется поиск связующих

точек, для этого в программе необходимо выбрать пункт «выровнять фотографии».

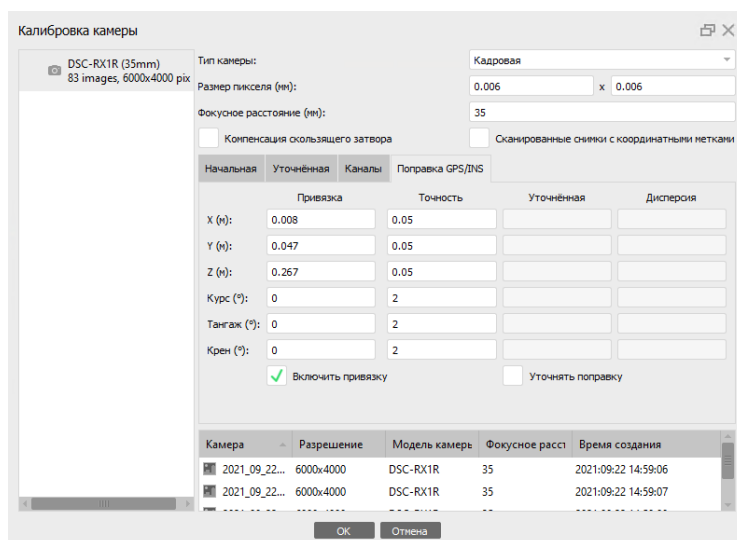


Рис. 2. Окно калибровки камеры

На этом этапе Agisoft Metashape определяет положение камер и строит разреженное облако точек на основании фотографий. В итоге выполнения операции в области построения модели появляется разреженное облако точек, в данном случае программа нашла 21 тыс. связующих точек. Для того, чтобы убедиться в корректности обработки данных, можно подключить просмотр эскизов фотографий и развернуть модель так, чтобы одновременно отображались плоскость земли и плоскость снимков (рис. 3).

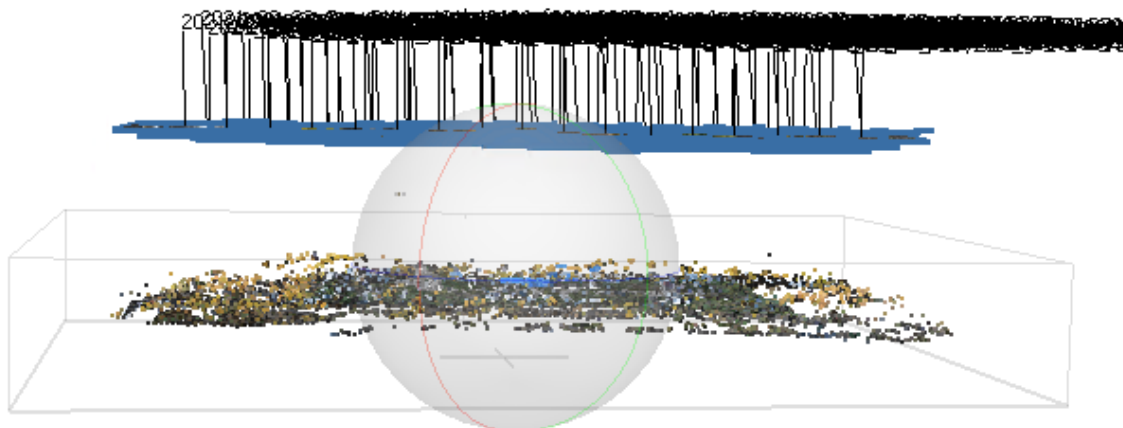


Рис. 3. Расположение плоскости земли и плоскость снимков

Чтобы уравнивать блок, необходимо применить функцию оптимизации камер. Для этого нужно задать ожидаемую точность камер, например, 1. Данная операция

выполняется итеративно, уменьшается численное значение ожидаемой точность камер на 0,1 м, пока величина общей ошибки не станет меньше 10 см. В данном случае при точности камер 0,9, ошибка равняется 0,08, что вполне устраивает на данном этапе (рис. 4).

Камеры	Восточное указ	Северное указа	Высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)
✓ 2021_...	13462110.910000	6569476.275000	146.895000	0.900000	0.138482
✓ 2021_...	13462118.920000	6569481.885000	146.697000	0.900000	0.123795
✓ 2021_...	13462126.860000	6569487.616000	146.406000	0.900000	0.118887
✓ 2021_...	13462134.910000	6569493.287000	146.304000	0.900000	0.119121
✓ 2021_...	13462143.070000	6569498.879000	146.296000	0.900000	0.113706
✓ 2021_...	13462151.190000	6569504.664000	146.230000	0.900000	0.077425
✓ 2021_...	13462159.260000	6569510.578000	146.269000	0.900000	0.086257
✓ 2021_...	13462167.380000	6569516.487000	146.494000	0.900000	0.071384
✓ 2021_...	13462175.460000	6569522.395000	146.598000	0.900000	0.055045
✓ 2021_...	13462183.470000	6569528.160000	146.376000	0.900000	0.060826
<b>Общая ошибка</b>					<b>0.086526</b>

Рис. 4. Результат оптимизации камер

Для внешнего ориентирования модели необходимо измерить опорные точки на снимках. В программе они называются маркерами, координаты которых необходимо импортировать в проект. В случае работы с кустовыми площадками минимальное количество опорных знаков – 4, которые желательно размещать по четырем углам снимаемой территории.

В программе достаточно просто измерить опорные точки, для этого открывается панель снимков и применяется фильтрация фотографий, которые подходят под определенный маркер. И после флажок перемещается на нужное место. После измерения всех маркеров необходимо заново выполнить уравнивание и проверить ошибку на маркерах, которая также должна быть меньше 10 см (рис. 5).

Камеры	Восточное указ	Северное указа	Высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)
✓ 2021_...	13462110.910000	6569476.275000	146.895000	0.500000	0.117761
✓ 2021_...	13462118.920000	6569481.885000	146.697000	0.500000	0.105735
✓ 2021_...	13462126.860000	6569487.616000	146.406000	0.500000	0.104153
✓ 2021_...	13462134.910000	6569493.287000	146.304000	0.500000	0.106784
✓ 2021_...	13462143.070000	6569498.879000	146.296000	0.500000	0.101564
✓ 2021_...	13462151.190000	6569504.664000	146.230000	0.500000	0.069661
✓ 2021_...	13462159.260000	6569510.578000	146.269000	0.500000	0.079938
✓ 2021_...	13462167.380000	6569516.487000	146.494000	0.500000	0.068324
✓ 2021_...	13462175.460000	6569522.395000	146.598000	0.500000	0.054607
✓ 2021_...	13462183.470000	6569528.160000	146.376000	0.500000	0.065294
<b>Общая ошибка</b>					<b>0.071553</b>

Маркеры	Восточное указ	Северное указа	Высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)
✓ 04	13462063.478803	6569517.256922	82.105000	0.005000	0.000636
✓ 03	13462103.411280	6569528.009979	82.295000	0.005000	0.003658
✓ 02	13462113.879000	6569537.504000	82.234000	0.005000	0.001362
✓ 01	13462117.372000	6569506.017000	82.286000	0.005000	0.002068
<b>Общая ошибка</b>					<b>0.002231</b>



Рис. 5. Расположение опорных точек

Самый интересный и важный этап – построение плотного облака. На данном этапе, основываясь на рассчитанных положениях камер, программа вычисляет карты глубины для каждой камеры и строит плотное облако точек как некий эквивалент 3D-модели объекта. В диалоговом окне построить плотное облако для наилучшего результата задаются следующие значения параметров:

– качество: высокое, стоит учитывать, что чем выше желаемое качество, тем больше времени и вычислительных ресурсов потребуется для завершения этапа;

– фильтрация карт глубины: мягкая, так как реконструируемая сцена имеет сложную геометрию с многочисленными мелкими деталями, данный параметр позволит исключить отбраковывание важных деталей.

В результате программа построила плотное облако, состоящее из 118 миллиона точек (рис. 6).



Рис. 6. Полученное плотное облако

По плотному облаку можно измерить высоту объектов, например, высоту арочного перехода, для этого на плотном облаке нужно поставить точку на верхушке арочного перехода и на земле под ним (рис. 7). При измерении разность между этими точками и будет равняться высоте арочного перехода, в данном случае 6,5 метров.

Также можно измерить высоту прожектора, не всегда программе удастся прорисовать высокие объекты во всю высоту, но примерно всё же можно сделать изменения. В данном случае высота прожектора – 15 метров (рис. 8).

Также плотное облако позволяет рассмотреть подробнее объекты, сложные конструкции (рис. 9).

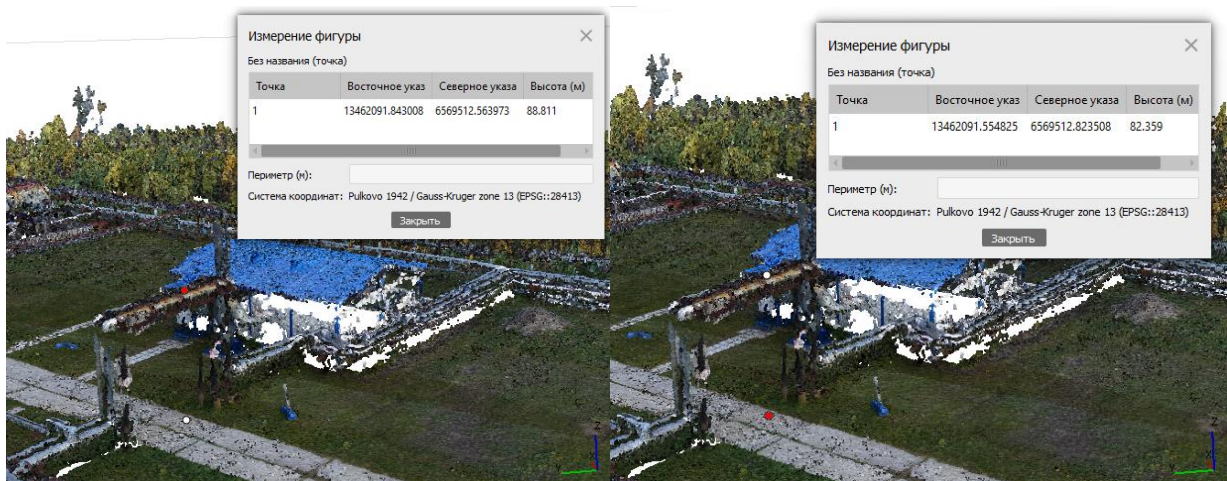


Рис. 7. Измерение высоты арочного перехода

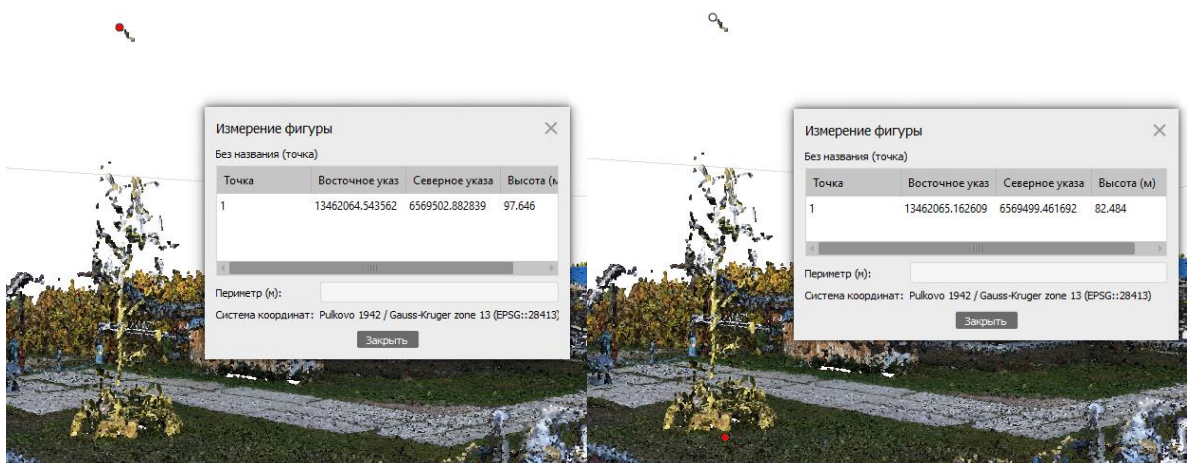


Рис. 8. Измерение высоты прожектора

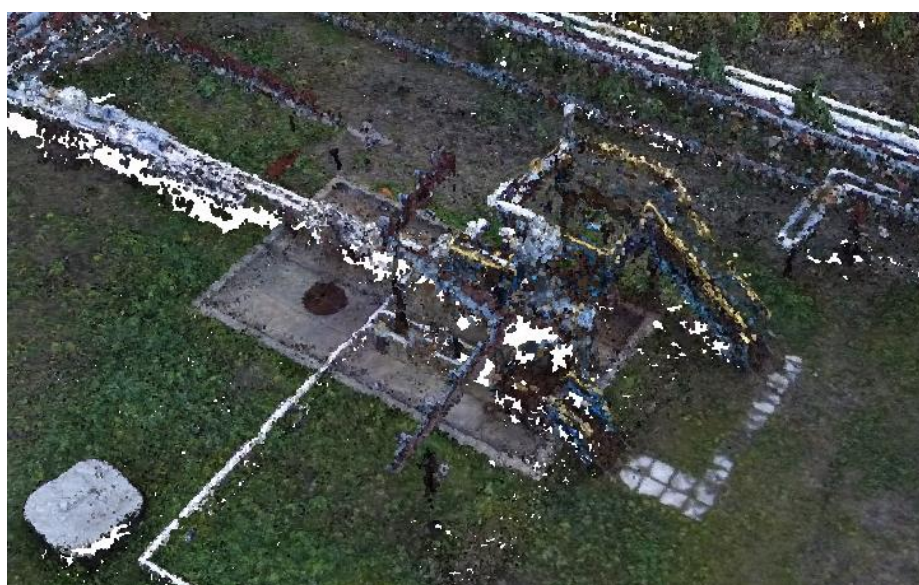


Рис. 9. Сложные конструкции на плотном облаке

После выполняется классификация плотного облака, которая позволяет отделить класс земли от остальных групп. Иногда программа ошибочно может отнести объекты не в тот класс, поэтому необходимо выполнить проверку классификации и переопределить точки в нужный класс с помощью инструментов выделения.

Чтобы построить карту высот необходимо выбрать соответствующую функцию и указать в качестве исходных данных плотное облако, а в качестве используемого класса оставить только точки земли. Данная операция позволит взять точки с ЦМР для построения горизонталей рельефа (рис. 10)

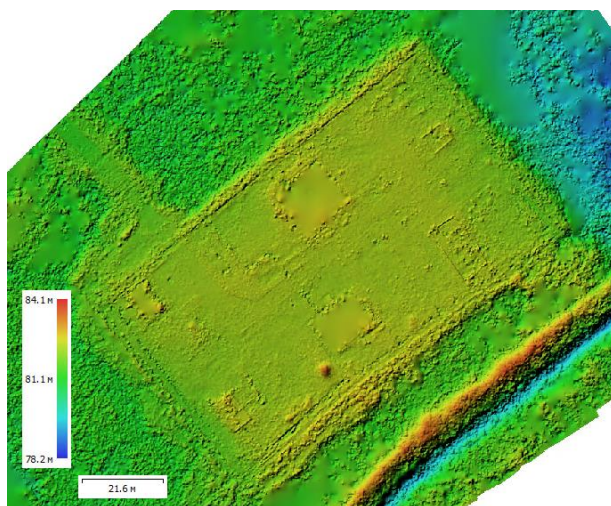


Рис. 10. Цифровая модель местности

Последний этап обработки данных, полученных с поля – построение ортофотоплана, для этого в меню обработка выбирается одноименная функция. В качестве поверхности, на которую будет спроецирован ортофотоплан выбирается построенная цифровая модель местности. В результате программа строит ортофотоплан с размером пикселя равным 0,01 метр. На построенном ортофотоплане (рис. 11) можно производить измерения длины и ширины любых объектов на данной кустовой площадке.



Рис. 11. Ортофотоплан

Например, можно измерить диаметр труб (рис. 12).



Рис. 12. Измерение диаметра труб

С помощью замены снимков на ортофотоплане можно закоординировать углы зданий (рис. 13).

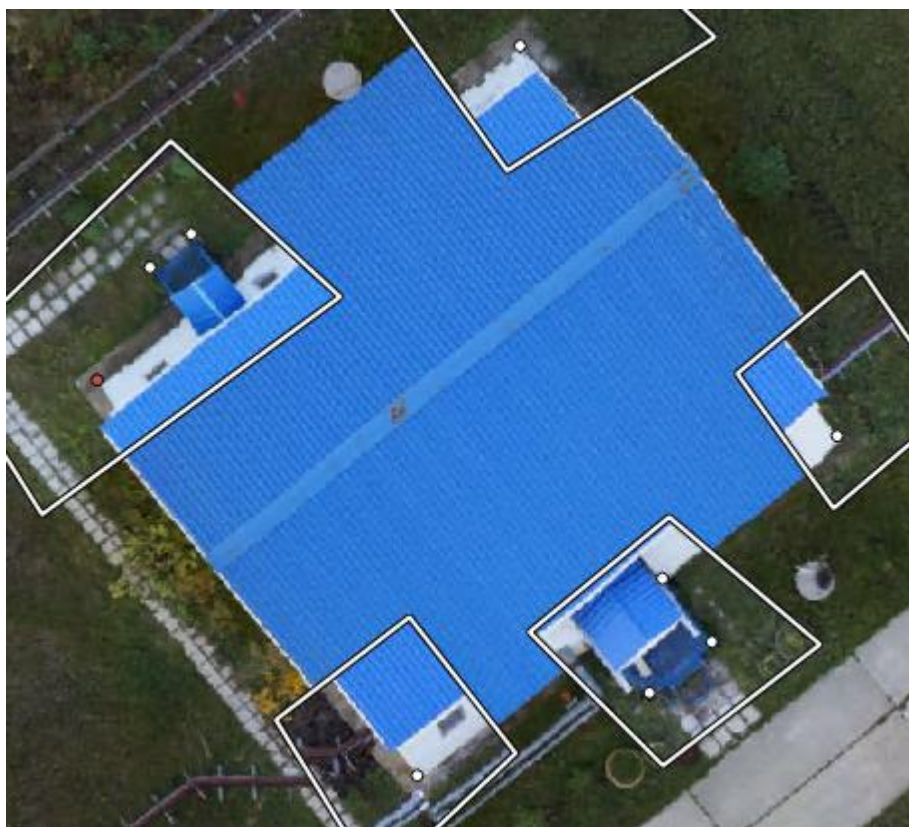


Рис. 13. Замена снимков на ортофотоплане для снятия координат углов здания



В результате программа позволяет предоставить достаточно точные кадастровые данные об объектах, находящихся на кустовой площадке (рис. 14).

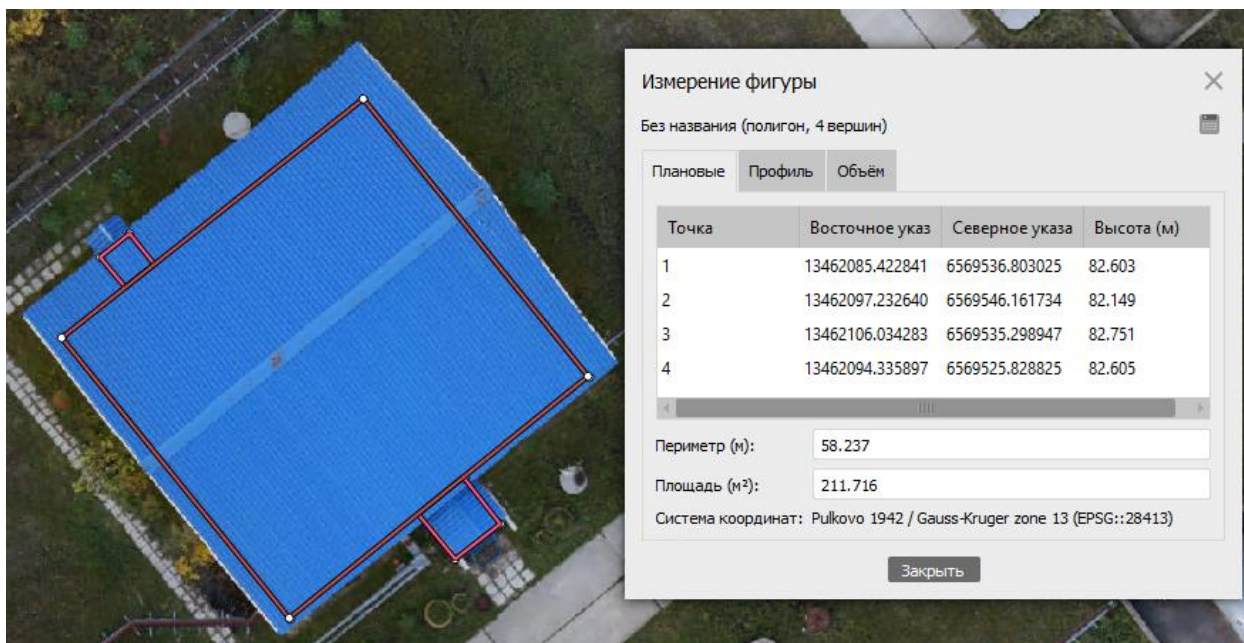


Рис. 14. Координаты зданий

### *Заключение*

Для выполнения геодезической съемки необходимы большие трудовые, а соответственно и денежные затраты. В результате исследования подтверждено, что использование фотограмметрических методов и технологий позволяет оптимизировать процесс измерения точек и высот по плотному облаку и ортофотоплану выполненным в специализированном программном обеспечении. Использование снимков с БПЛА позволяет уменьшить финансовые затраты на картографирование объектов, при этом увеличивается скорость выполнения работ. При использовании специализированного программного обеспечения удастся построить ортофотоплан объекта за короткое время, в зависимости от мощности компьютера и высоты качества создаваемого плотного облака. А также позволяет выполнить координирование точек зданий и сооружений, столбов, заборов, ЛЭП и других объектов, по которым после можно выполнить топографическое картографирование местности.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство пользователя Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 1.5 // Agisoft LLC, 2019. – 169 с.
2. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. – М.: ЦНИИГАиК, 2002.
3. ГОСТ 26433.0-85. Правила выполнения измерений. – М.: ЦНИИОМТП, 1986.

© В. М. Гаврова, Н. О. Бороздина, 2022