

## Разработка технологической схемы создания вертикальных топографических планов

*Г. А. Уставич<sup>1\*</sup>, Т. А. Хлебникова<sup>1</sup>, А. М. Астапов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: ystavich@mail.ru

**Аннотация.** На территории современной промышленной площадки регулярно приходится решать задачи, связанные с работой на вертикальных объектах (реконструкция фасадов, монтаж и замена коммуникаций промышленных предприятий и т. д.). Существующие подходы к созданию геодезических материалов для решения указанных задач вертикального проектирования не соответствуют современным требованиям и не обеспечивают необходимый уровень информативности. Авторами статьи предлагается использовать новый вид материалов – вертикальные инженерно-топографические планы масштабов 1: 500 и 1: 200. В качестве основы вертикального инженерно-топографического плана предлагается использовать ортофотопланы, цифровые модели, полученные с использованием материалов беспилотных авиационных систем (БАС), преобразованные стандартные топографические планы. Приведены результаты обработки материалов съемки строения гражданского назначения, полученные средствами БАС. Выявлена принципиальная возможность использования материалов съемки для получения вертикальных инженерно-топографических планов масштабов 1: 500 и 1: 200.

**Ключевые слова:** ЦИТП, топографический план, топографическая съемка, вертикальный топографический план

## Development of a technological scheme for creating vertical topographic plans

*G. A. Ustavich<sup>1\*</sup>, T. A. Khlebnikova<sup>1</sup>, A. M. Astapov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: ystavich@mail.ru

**Abstract.** On a modern industrial site, it is regularly necessary to solve a number of tasks related to work on vertical objects (reconstruction of facades, installation and replacement of communications of industrial enterprises, etc.). Modern approaches to the creation of geodetic materials for solving these tasks do not meet modern requirements and do not provide the necessary level of informativeness. The authors of the article propose to use a new type of materials – vertical engineering topographic plans of scales 1: 500 and 1: 200. As a basis for a vertical engineering topographic plan, it is proposed to use orthophotomaps, digital models obtained using materials from unmanned aerial systems (UAS), converted standard topographic plans. The results of the processing of survey materials of civil buildings, obtained by means of UAS, are presented. The fundamental possibility of using survey materials to obtain vertical engineering and topographic plans at scales of 1: 500 and 1:2 00 is revealed.

**Keywords:** TSITP, topographic plan, topographic survey, vertical topographic plan

## ***Введение***

Территория, на которой возводятся промышленные объекты обычно называется промышленной площадкой (далее – промплощадкой). Для обеспечения видов работ, связанных с монтажом оборудования, устанавливаемого на промплощадке вертикально, необходимо регулярное и информативное сопровождение соответствующей нормативно технической документацией.

Сложившиеся в настоящее время подходы к разработке нормативно технической документации для геодезического обеспечения (сопровождения) не удовлетворяют в достаточной мере всем необходимым требованиям. В этой связи для осуществления работ монтажа вертикально устанавливаемого оборудования предлагается использовать новый вид инженерно-геодезической документации – вертикальные инженерно-топографические планы (ВТП).

Сущность таких ВТП заключается в отображении поверхности объекта на вертикальной плоскости.

Исследования и разработка методики создания ВТП для проектирования и строительства сооружений в горной местности изложены в [1, 2].

Данный вид геодезической документации – вертикальные инженерно-топографические планы – могут быть использованы и для целей проектирования, строительства и реконструкции технологического оборудования на промышленной площадке [3–5].

Материалы, рассматриваемые в данной статье, представляют собой продолжение и развитие работ, опубликованных в [1–3, 5, 6].

Основными источниками информации для создания ВТП служат следующие данные:

- материалы аэрофотосъемок;
- архивные картографические материалы;
- данные лазерной локации (облака точек);
- данные геодезии и инженерной геологии;
- наземные фотографии строений (фототекстуры).

Исследования и разработка методики создания ВТП в [1, 2, 6] выполнены с использованием материалов геодезических съемок (средствами электронных тахеометров).

В связи с этим нами ставилась цель выполнения экспериментальных исследований для разработки методики создания цифровых вертикальных инженерно-топографических планов с использованием материалов съемки беспилотной авиационной системы (БАС).

### ***Методика создания вертикальных планов***

В статье рассмотрен один из этапов предлагаемой методики создания цифровых вертикальных инженерно-топографических планов на примере строения гражданского назначения, расположенного в Ленинском районе г. Новосибирска.

Для выполнения исследований была выполнена фасадная съемка строения квадрокоптером DJI Mavic Mini 2. Всего было получено 85 снимков. Один из снимков приведен на рис. 1.

Плановые координаты и высоты опорных и контрольных точек определены спутниковым методом (были определены координаты и высоты двух точек в системе WGS 84) статическим методом с длительностью сеанса 50 минут. Затем с этих точек тахеометром TS02 на фасаде строения определены плановые координаты и высоты опорных и контрольных точек, число которых составило 21.



Рис. 1. Снимок фасада строения с квадрокоптера

Обработка полученных результатов осуществлялась в программном комплексе Agisoft Metashape Professional, разработанном Группой Компаний Геоскан (далее – Agisoft Metashape) [7].

Agisoft Metashape позволяет получать [7–9]:

- плотное облако точек;
- полигональную модель объекта;
- ортофотоплан;
- ЦМР и текстурированную модель поверхности.

В результате обработки снимков были получены текстурированная модель (рис. 2) и ортофотоплан (рис. 3).

В качестве вертикального инженерно-топографического плана предлагается использовать вертикальный ортофотоплан, развернутый на горизонтальную плоскость, а также цифровые модели и преобразованные стандартные топографические планы.

В качестве основы ВТП нами предлагается использовать ортофотоплан, указанный выше, без создания новых условных координат, т.е. в системе наблю-

даемого объекта. Вопросы разграфки, номенклатуры, используемых систем координат и высот, условных обозначений, зарамочного оформления ВТП, изложены Чахловой А. П. в [2].



Рис. 2. Текстурированная модель строения

Для этого в Agisoft Metashape при построении ортофотоплана нужно указать плоскость, заданную пространственными координатами трех точек, относительно которой он и будет построен. Ортофотоплан (рис. 3) был построен относительно точек с обозначениями: ОК1, ОК3, ОК6.



Рис. 3. Изображение ВТП в виде ортофотоплана

Расположение опорных и контрольных точек показаны на рис. 4, значения средних квадратических ошибок по опорным точкам приведены в табл. 1, по контрольным – в табл. 2.



Рис. 4. Расположение опорных и контрольных точек на фасаде

Таблица 1

Значения ошибок на опорных точках

№ точки	mX, мм	mY, мм	mZ, мм	m, мм
1	-45	-17	5	49
3	22	11	-1	24
5	17	8	-5	19
7	20	2	3	20
9	-2	-6	-1	7
11	0	-4	-3	5
13	5	12	-12	18
15	4	-1	1	4
17	-3	-3	5	7
19	-1	-1	-1	2
21	-16	-1	8	18
Средняя квадратическая ошибка	18	8	5	20

Таблица 2

Значения ошибок на контрольных точках

№ точки	mX, мм	mY, мм	mZ, мм	m, мм
2	27	13	-3	30
4	16	11	-6	21
6	27	2	-7	28
8	7	-4	-4	9
10	-7	-4	-4	9
12	12	-8	0	14
14	-1	-5	2	5
16	-7	-5	9	13
18	-11	0	1	11
20	-2	5	11	12
Средняя квадратическая ошибка	14	7	6	17

## *Результаты и обсуждения*

Результаты обработки позволяют сделать вывод, что полученные цифровая модель и ортофотоплан соответствуют по точности топографическому плану масштаба 1: 200. При этом необходимо отметить, что в области точки ОК1 протокол показал наибольшие искажения, вызванные недостаточным количеством снимков в данной области. Данные точки ОК1 были удалены из обработки, так как недостаточное число снимков привело к увеличению значения ошибок.

В исследованиях был выполнен дополнительный выборочный контроль, который заключался в сравнения длин векторов между точками, полученными средствами тахеометра и в программе Agisoft Metashape. Разность длин составила от 3 до 5 см.

В процессе экспериментальных исследований выявлено, что фотограмметрическая обработка снимков предоставляет возможность создавать вертикальные инженерно-топографические планы коммуникаций (рис. 5). По снимкам можно оценивать состояние труб, а по цифровой модели решать задачи проектирования и реконструкции [2, 3]. Полученный ортофотоплан труб соответствуют по точности топографическому плану масштаба 1: 500.

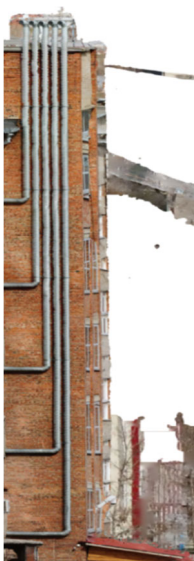


Рис. 5. Вентиляционные трубы на фасаде зданий

## *Заключение*

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

БАС позволяет выполнять съемку на высотах, соответствующих фактическим высотам наблюдаемых строений, получать цифровые снимки, при обработке которых возможно получение вертикальных инженерно-топографических планов масштаба 1: 200.

Для вертикальных планов предлагается создавать линейный объект с присвоенной к нему гиперссылкой, по которой будет возможность открывать соответствующий ортофотоплан или цифровую текстурированную модель.

Планируется продолжить исследования с учетом следующих условий:

– выполнить несколько вариантов съемок на высотах, соответствующих фактическим высотам наблюдаемых строений, увеличить количество снимков, а также процент продольного и поперечного перекрытий с целью повышения детализации цифровой модели;

– увеличить число контрольных точек для повышения достоверности результатов уравнивания измерений фотограмметрических точек.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чахлова А. П. Совершенствование методики инженерно-геодезических работ для проектирования и строительства сооружений в горной местности : диссертация. Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 156 с.

2. Чахлова, А. П. Методика создания вертикальных топографических планов для горной местности // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 1. – С. 29–33.

3. Уставич, Г. А., Пошивайло Я. Г. О применении неметрических цифровых камер для инженерно-геодезических измерений // Геодезия и картография. – 2005. – № 8. – С. 19–24.

4. Уставич, Г. А., Пошивайло Я. Г. О необходимости создания топографических планов масштабов 1:250, 1:200 и 1:100 // Геодезия и картография. – 2006. – № 3. – С. 25–28.

5. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – Введ. 1998-01-01. – М. : Геострой России, 1997.

6. Чахлова, А. П. Применение цифровых вертикальных топографических планов для определения объемов работ в условиях горной местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Т. 1. (Новосибирск, 18–22 апр. 2016 г.). – Новосибирск : СГГА, 2016. – С. 59–64.

7. Agisoft Metashape Professional. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.geoscan.aero/themes/geoscan/assets/agisoft/metashape\\_rus\\_web.pdf](https://www.geoscan.aero/themes/geoscan/assets/agisoft/metashape_rus_web.pdf) (дата обращения 14-06-2022).

8. Хлебникова Т. А., Опритова О. А. Экспериментальные исследования точности построения плотной цифровой модели по материалам беспилотной авиационной системы // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 119–127.

9. Хлебникова Т. А., Горилько А. С., Астапов А. М. Разработка методики создания цифровых инженерно-топографических планов с использованием материалов съемки беспилотной авиационной системы на малых высотах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр. : «Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 8 т. Т. 1. (Новосибирск, 19-21 мая 2021 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – С. 57–63.

© Г. А. Уставич, Т. А. Хлебникова, А. М. Астапов, 2022