

А. М. Астапов¹, Г. А. Уставич¹, В. Г. Сальников¹

Методика создания вертикальных инженерных планов для реконструкции инженерных сооружений

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: andrey_astapov@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.). Сложившиеся в настоящее время подходы к разработке нормативно-технической документации для геодезического обеспечения не удовлетворяют в достаточной мере всем современным необходимым требованиям. Для качественного сопровождения монтажных работ необходимо производить установку сооружений и элементов конструкций в запроектированное место с необходимой точностью. Для решения данной задачи авторами статьи предлагается использовать вертикальные инженерные планы, которые создаются с применением лазерного сканирования или съемкой с БПЛА. В статье рассматривается методика создания вертикальных инженерных планов для реконструкции инженерных сооружений с применением БПЛА.

Ключевые слова: ЦВИП, топографический план, топографическая съемка, вертикальный инженерный план

A. M. Astapov¹, G. A. Ustavich¹, V. G. Salnikov¹

Methodology creation of vertical engineering plans for the reconstruction of engineering structures

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: andrey_astapov@mail.ru

Abstract. On the territory of a modern industrial site, it is regularly necessary to solve problems related to work on vertical objects (reconstruction of facades, installation and replacement of communications of industrial enterprises, etc.). For high-quality support of installation work, it is necessary to install them in the designed location with the necessary accuracy. To solve this problem, the authors of the article propose to use vertical engineering plans, which are created using laser scanning or shooting from a VEP. The article discusses the method of creating vertical engineering plans for the reconstruction of engineering structures using VEPs.

Keywords: CVEP, topographic plan, topographic survey, vertical engineering plan

Введение

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 инженерные планы (ВИП).

Сущность таких ВИП заключается в отображении поверхности объекта на вертикальной плоскости, учитывая современное состояние геодезического использования цифровой информации, ВИП также могут быть цифровыми (ЦВИП).

Данный вид геодезической документации – вертикальные инженерные планы – могут быть использованы и для целей проектирования, строительства и реконструкции технологического оборудования на промышленной площадке.

Материалы, рассматриваемые в данной статье, представляют собой продолжение и развитие работ, опубликованных в [1– 7].

Исходя из исследований, описанных в [7], известно, что лучшими исходными материалами для получения ВИП являются результаты аэрофотосъемки, полученные с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Методика создания вертикальных инженерных планов

Методика создания вертикальных инженерных планов состоит из следующих этапов:

- рекогносцировка местности и проектирование маршрута полета (создание полетного задания);
- координирование опорных точек, необходимое для выполнения фотограмметрической обработки;
- импорт задания в БПЛА;
- выполнение БПЛА в автоматическом режиме аэрофотосъемки;
- импорт полученных материалов в ПО, предназначенное для обработки аэрофотосъемки;
- создание цифровой модели объекта;
- создание ЦВИП.

Рассмотрим подробнее каждый этап.

На этапе рекогносцировки необходимо обнаружить наличие препятствий и неблагоприятных зон для создания безопасного полетного задания, а также определения зон ручной съемки. При проектировании полетного задания необходимо учитывать точность конечного продукта [7]. От данного параметра зависит продольное и поперечное перекрытие снимков, а также расстояние между фасадом сооружения и центром фотографирования. Для получения ВИП с ошибкой 4,0 см в плане и по высоте необходимо устанавливать продольное и поперечное перекрытие снимков не менее 80%, а расстояние между центром фотографирования и фасадом сооружения (снимаемым объектом) от 10 до 15 метров. При этом следует учитывать, что избыточное количество снимков приведет к увеличению времени, затрачиваемого на камеральную обработку.

Координирование опорных точек следует выполнять тахеометром в системе координат наблюдаемого объекта. В качестве опорных точек следует выбирать контуры или детали сооружения, однозначно определяемые на снимках. Следует

добиваться равномерного распределения опорных точек по всему участку съемки.

Далее происходит импорт полетного задания в БПЛА и выполнение аэрофотосъемки в автоматическом режиме. Цифровой снимок определяется следующими важными характеристиками:

–ISO – светочувствительность матрицы;

–выдержка – время, за которое сенсор улавливает свет. Регулируется механически или электронным образом;

–диафрагма – коэффициент открытости объектива во время съемки, регулируется диафрагмой;

–экспозиция – количество полученного света основным сенсором.

Для хорошего изображения с БПЛА, который находится в движении, при нормальном солнечном освещении, нужны следующие условия:

–отсутствие цифрового шума на фотографиях, который приводит к снижению точности конечных материалов;

–минимальный эффект глубины резкости, когда углы снимков смазываются, т.к. находятся дальше дистанции фокусировки;

–минимально возможный смаз снимка, обусловленный движением БПЛА по маршруту.

Во время съемки необходимо установить оптимальный баланс между ISO, апертурой и затвором, т.е. цифровой снимок должен быть умеренно освещенным.

БПЛА поддерживают автоматический, полуавтоматический и ручной режим настройки камеры. Автоматический режим рассматриваться не будет, так как его использование категорически не рекомендуется для выполнения аэрофотосъемочных работ.

Современные БПЛА имеют два полуавтоматических режима с приоритетом диафрагмы (A) и приоритетом выдержки (S).

Режим выбирается (один из полуавтоматических режимов или режим ручной настройки), находясь в начальной точке маршрута, на рабочей высоте и с опущенной на заданный угол камерой.

При настройке оборудования необходимо придерживаться следующих значений параметров фотокамеры, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Таблица 1 – Значения параметров фотокамеры

Параметр	Значение
Экспозицию	от -0.3 до 0.0
ISO	100 – 200 (солнечно – пасмурно)
Диафрагма (Aperture)	от F/2.8 до F/4.0
Выдержка (Shutter)	от 1/1600 до 1/640.

После выбора полуавтоматического режима с приоритетом диафрагмы (A) и установки настроек в вышеуказанные значения, фотокамера в процессе полета

будет увеличивать или уменьшать выдержку, делая снимки с разным уровнем освещенности, но одинаковой экспозицией.

Присваивать параметру ISO значение 400 следует только в тех случаях, когда выполнить съемку возможно только единожды. При этом чем выше значение ISO, тем вероятнее появление шумов и снижение качества фотоматериала.

Аналогично настраивается режим приоритета затвора (S). В этом случае за экспонирование будет отвечать изменение диафрагмы, а значение затвора будет постоянным.

Для настройки фокусного расстояния необходимо процесс фокусировки установить в значение AF (автоматическая фокусировка) и нажать на центр экрана, чтобы камера была отфокусирована на требуемую поверхность. Затем изменяется способ фокусировки на MF (ручная фокусировка), после чего появляется шкала ручной регулировки фокуса, значения которой нельзя изменять.

При выполнении съемки в ручном режиме необходимо соблюдать все выше описанные допуски.

Камеральная обработка материалов аэрофотосъемки представляет собой весьма сложный и ресурсоемкий процесс, итогом которого является построение ортофотоплана и цифровой модели. Решение этих задач выполняется в специализированных программных комплексах, наименование которых на сегодняшний день исчисляется не одним десятком. Каждый производитель для своего программного продукта определяет системные требования ПК.

В настоящей работе фотограмметрическая обработка материалов АФС будет рассматриваться в программном обеспечении Agisoft Metashape, как самого доступного ПО. Это программное обеспечение максимально раскрывает возможности фотограмметрии, которое включает в себя технологии машинного обучения для анализа и постобработки, что позволяет получить результаты самой высокой точности.

На сайте разработчика Agisoft Metashape приведены системные требования для рабочих станций трех уровней (основной, повышенный и максимальный). В табл. 2 приведены характеристики каждого уровня.

Таблица 2

Таблица 2 – Рекомендованные разработчиком системные требования

	Основной до 1000 кадров	Повышенный до 5000 кадров	Максимальный более 5000 кадров
Процес- сор	4 - 8 core Intel AMD 2.0+ GHz	6 - 24 core Intel AMD 3.0+ GHz	Рекомендуется использовать двухпроцессорные рабочие стан- ции на базе Intel Xeon Workstation с Quadro/Tesla
DDR па- мять	16 - 32 GB	32 - 128 GB	
Видео карта	NVIDIA AMD GPU 700+ CUDA	1 - 2 NVIDIA AMD GPU 1920+ CUDA	

Agisoft Metashape имеет ряд положительных особенностей:

- интуитивно понятный интерфейс;
- позволяет получать ортофотоплан и трехмерные поверхности;
- работа с RGB и мультиспектральными изображениями;
- использование классических алгоритмов фотограмметрии.

Возможность работы с данными мультиспектральной съемки позволяют получать ортофотоплан в интересующих диапазонах спектра, для тематической классификации.

Использование в программе алгоритмов, основанных на классических методах фотограмметрии, позволяет достигать высокой точности и контролировать этапы обработки [8].

Основные этапы обработки следующие:

- построение и уравнивание сети фототриангуляции с определением параметров ориентирования камер;
- построение плотного облака точек;
- построение поверхности (ЦММ, ЦМР, 3D);
- построение ортофотоплана.

Необходимо заметить, что все этапы обработки собраны в одной вкладке, с аналогичным названием, и расположены в той последовательности, в которой она должна выполняться. Это можно увидеть на рис. 1, где изображена рабочая область программы после запуска с раскрытым списком вкладки «Обработка».

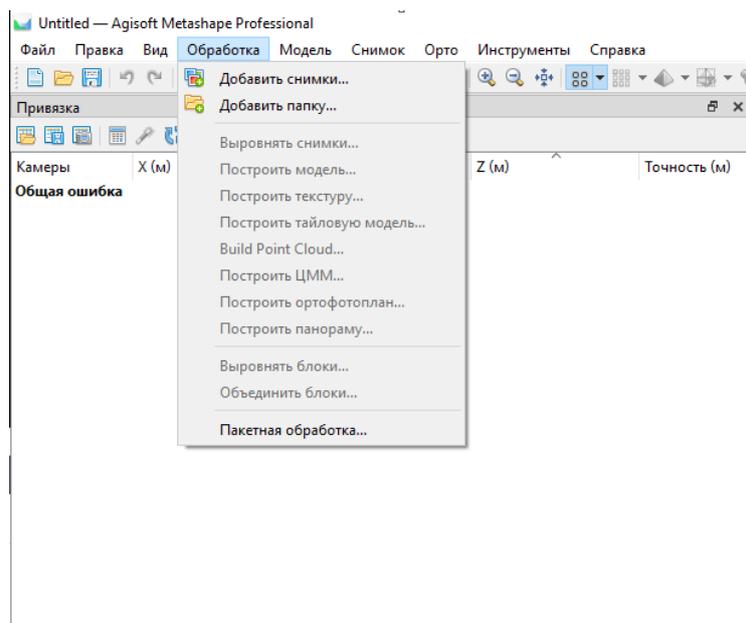


Рис. 1. Вкладка обработка в контекстном меню Agisoft Metashape

Рассмотрим обработку снимков с целью получения ВИП.

В начале запускается выравнивание снимков со средней точностью (размер исходных изображений уменьшается в 4 раза). В обработке участвуют только снимки, и в результате этого получается разреженное облако точек (облако связующих точек). Далее в проект импортируются опорные точки, которые необходимо в ручном режиме расставить в фактическое местоположение на каждом

снимке. Данный процесс является самым трудоемким во всей камеральной обработке аэрофотосъемки. Все точки помечаются как опорные, и это означает, что данные точки принимают участие в обработке снимков. Если точка является контрольной, то она показывает точность построения модели. После этого происходит оптимизация камеры и вычисляются уточненные параметры камеры. После чего этап выравнивания снимков повторяется с уточненными параметрами камеры и включенными в обработку опорными точками. Точность выравнивания можно увеличить до высокой (в расчетах используются изображения исходного размера). В результате получается разреженное облако связующих точек с максимальной точностью.

Далее из полученного разреженного облака необходимо исключить ошибочные точки. Данная процедура выполняется при помощи функции плавного выделения по двум критериям: коэффициент точности определения положения со значениями 15 – 25 и коэффициент ошибки репроецирования со значениями 0.15 – 0.2. Данная операция позволяет улучшить итоговое качество плотного облака и цифровой модели сооружения.

На следующем этапе в автоматическом режиме происходит построение плотного облака точек. Данный этап не требует вмешательства исполнителя в процессе выполнения построений, так как основная нагрузка ложится на ПК, на котором происходит обработка аэрофотосъемки.

Далее на основании плотного облака точек происходит построение цифровой модели сооружения, из которой далее строится ортофотоплан. В параметрах построения необходимо указать плоскость, к которой он будет принадлежать.

Далее ортофотоплан или ЦМО импортируются в специализированные ПО для оформления в соответствии с требованиями, изложенными в [2]. В результате получается ВИП или цифровая модель объекта в системе координат наблюдаемого объекта.

Заключение

В результате, по выше описанной методике возможно получение ВИП с ошибкой не более 4,0 см в плане и по высоте. Полученные таким способом ВИП можно использовать как для бумажного документооборота, так и в качестве ЦВИП в различных ПО предназначенных для проектирования строительно-монтажных работ. Главным достоинством ВИП является малое количество времени, затрачиваемое на выполнение работ, а также автоматизация полевого и камерального этапа, что позволяет быстро получать геодезическую документацию.

Таким образом, с применением данной методики можно вести постоянный контроль за реконструкцией вертикального сооружения. Так же стоит отметить наглядность конечного продукта.

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. Г. А. Уставич, Т. А. Хлебникова, А. М. Астапов. Разработка технологической схемы создания вертикальных топографических планов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. XVIII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 8 т. Т. 1. (Новосибирск. 2022 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2022. – С. 57–63.
8. Agisoft Metashape Professional. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.geoscan.aero/themes/geoscan/assets/agisoft/metashape_rus_web.pd (дата обращения 14-06-2022).

© А. М. Астапов, Г. А. Уставич, В. Г. Сальников, 2023