

Я. А. Некрестов¹✉

Исследование влияния изменения расстояния до координируемого объекта на точность визуального позиционирования EFT M5

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: Northy123@yandex.ru

Аннотация. Технология визуального позиционирования (ВП) еще недостаточно исследована, так как на российском рынке геодезического оборудования она появилась сравнительно недавно. Визуальное позиционирование – это дополнение к режиму RTK (Real Time Kinematic), которое позволяет выполнять съемку объектов на расстоянии и в гораздо большем объеме собирать информацию, чем с использованием традиционных методов съемки или RTK. Результатом камеральной обработки являются плотные облака точек, которые, в дальнейшем, можно использовать для построения 3D моделей. По причине дороговизны оборудования закупают подобные приборы только большие компании. Однако, в последнее время ГНСС-приемники со встроенным фотограмметрическим модулем становятся популярнее. Целью работы является исследование влияния изменения расстояния до объекта на результаты съемки в режиме визуального позиционирования. По результатам выполненных исследований установлено, что с сохранением точности производить съемку с применением визуального позиционирования можно на расстоянии в 5 раз превышающем максимальное рекомендованное заводом-изготовителем.

Ключевые слова: визуальное позиционирование, RTK, фотограмметрия, геодезия

Y. A. Nekrestov¹✉

Study of the influence of changing the distance to the coordinated object on the accuracy of visual positioning EFT M5

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: Northy123@yandex.ru

Abstract. Visual positioning (VP) technology has not been sufficiently studied yet, as it has appeared on the Russian market of geodetic equipment relatively recently. Visual positioning is an addition to the RTK (Real Time Kinematic) mode, which allows you to shoot objects at a distance and collect information in a much larger volume than using traditional survey methods or RTK. As a result of office processing, it allows you to build dense point clouds, which can then be used to build 3D models. Due to the high cost of equipment, only large companies purchase such devices. However, recently GNSS receivers with a built-in photogrammetric module are beginning to gain popularity. The purpose of the work is to study the effect of changing the distance to the object on the results of shooting in the visual positioning mode. Based on the results of the studies, it was found that with maintaining accuracy, shooting using visual positioning can be done at distances 5 times greater than the maximum recommended by the manufacturer.

Keywords: Visual positioning, RTK, photogrammetry, survey

Введение

Технология визуального позиционирования (ВП) еще недостаточно исследована, так как на российском рынке геодезического оборудования она появилась сравнительно недавно. По причине дороговизны оборудования закупают

подобные приборы только большие компании. Однако, в последнее время ГНСС-приемники со встроенным фотограмметрическим модулем становятся популярнее. В частности, крупнейшая нефтедобывающая компания в РФ ПАО «Газпром» направила рекомендательное письмо об использовании данной технологии на объектах нефтегазодобычи.

На сегодняшний день, встроенный фотограмметрический модуль присутствует в ряде ГНСС-приемников, что позволяет выполнять фотограмметрическую съемку. Такая реализация значительно уменьшает финансовые, временные и трудовые затраты для производства геодезических работ. Однако, фотограмметрический модуль имеет аппаратные ограничения, такие как разрешающая способность и фиксированное фокусное расстояние.

Целью данного исследования является выявление влияния изменения расстояния от ровера до объекта на точность, получаемую при вычислении координат по группам снимков с использованием фотограмметрического модуля EFT M5 [1].

Исследование является актуальным, так как использование подобного оборудования в геодезических работах не регламентируется нормативной документацией.

Методы и материалы

В целях исследования влияния изменения расстояния до координируемого объекта на точность вычисления координат по группам снимков с помощью визуального позиционирования (ВП) был выполнен ряд экспериментальных измерений. Оборудование и программное обеспечение для выполнения экспериментальных измерений было предоставлено компанией EFT GROUP [2]. Съемка с помощью ВП выполнена ГНСС-приемником EFT M5. Для получения поправок использовалась сеть базовых станций EFT CORS [3].

Измерения выполнялись по адресу г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, д. 165. В качестве координируемого объекта выбран фасад здания (рис. 1).



Рис. 1. Общий план координируемого объекта

Измерения выполнены на расстояниях, находящихся за пределами, максимальных, рекомендуемых производителем. Рекомендуемое производителем расстояние для выполнения съемки с помощью ВП находится в пределах от 2 до 10 метров. Экспериментальные измерения выполнены в 4 ряда. Группы снимков находятся на расстоянии 15 м, 25 м, 35 м и 50 м до координируемого объекта. Измерения выполнены в ручном и автоматическом режимах (рис. 2).

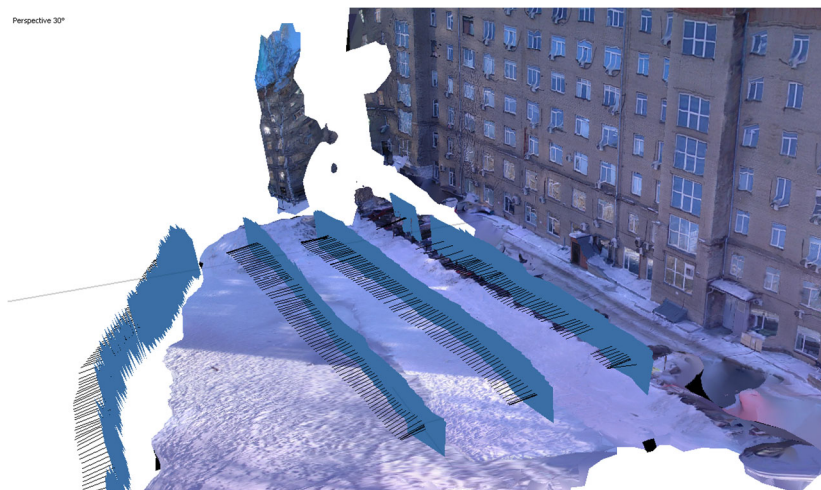


Рис. 2. Расположение рядов групп снимков объекта

Для камеральной обработки использовано программное обеспечение Agisoft Metashape [4].

Результатом камеральной обработки ВП является построение плотного облака точек и тайловой модели (рис. 3).

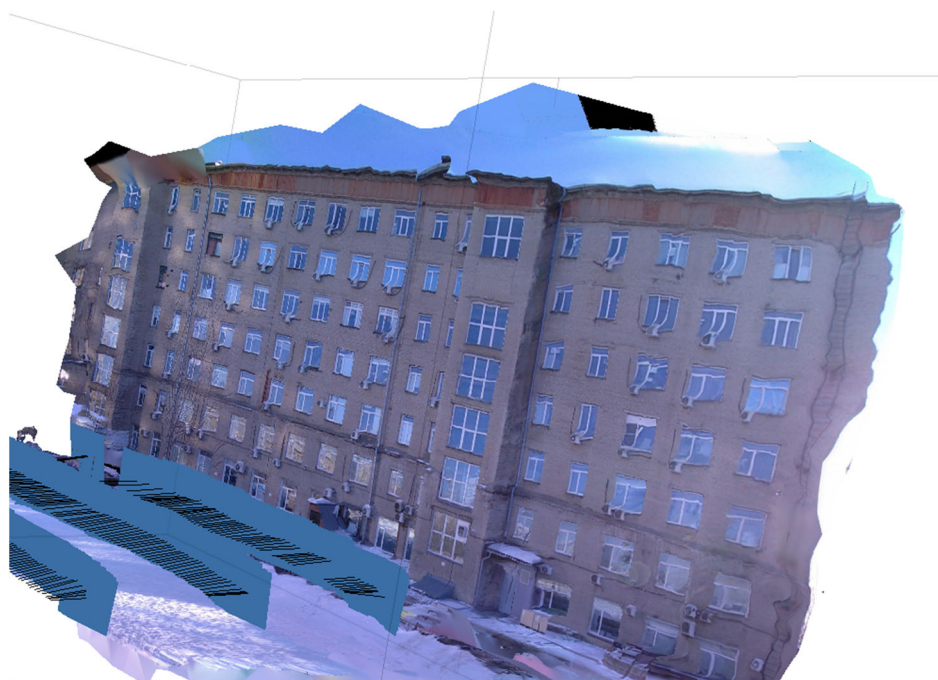


Рис. 3. Результат построения тайловой модели фасада

Углы оконных проемов и круглые белые вставки на наружных блоках сплит-систем выбраны в качестве координируемых точек для сравнения с эталонными. Точки выбраны по центру и по краям групп снимков (рис. 4).

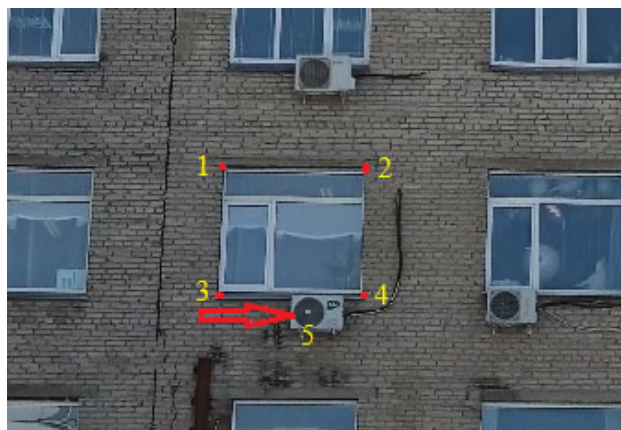


Рис. 4. Точки, выбранные для скалывания

Точки, заранее отснятые с помощью электронного тахеометра EFT TS2, были приняты за эталонные.

После скалывания нужных точек в Metashape выполнен экспорт координат этих точек в текстовом файле для последующего сравнения с эталонными координатами.

Следует отметить, что в обработку группы снимков включались попарно, например, на расстоянии 25 м и 35 м, 15 м и 25 м и т.д. Из предыдущих исследований ясно, что для получения более точных координат следует включать в обработку снимки, сделанные с разных расстояний до объекта [5].

Результаты

Результаты вычисления разностей координат точек, снятых с помощью ВП в ручном режиме и электронным тахеометром, представлены в виде диаграмм (рис. 5, 6, 7). Наибольшие и наименьшие (dx , dy , dh) отклонения от истинных значений отображены в виде таблицы, табл. 1.

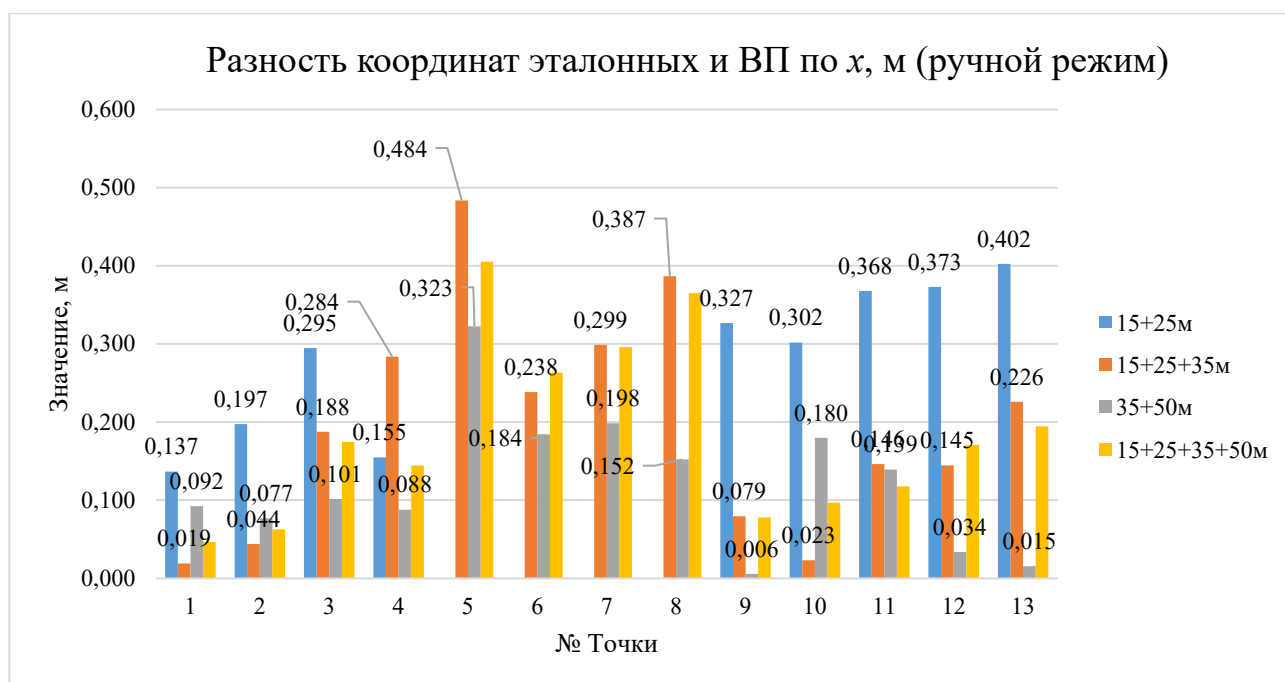


Рис. 5. Диаграмма отклонений координат точек ВП от эталонных по оси x

Точки под номерами 5, 6, 7 и 8 (группа 2) находятся на 5 этаже здания, а также на краю групп изображений. Эти точки выбраны не случайно и для того, чтобы исследовать отклонение, вызванное расстоянием, более чем в 5 раз превышающее максимальное рекомендованное производителем (10 м), а также вызванное расположением координируемого объекта на краях групп изображений. Эти точки не видны на группах снимков, сделанных с расстояний 15 и 25 м.

Точки под номерами 1, 2, 3, 4 (группа 1) расположены на 3 этаже здания, но также на краю групп снимков. Такое расположение координируемых точек необходимо для того, чтобы сократить расстояние, но сохранить влияние расположения точек на краях групп снимков.

Точки 9, 10, 11, 12, 13 (группа 3) расположены на 3 этаже здания и по центру групп изображений.

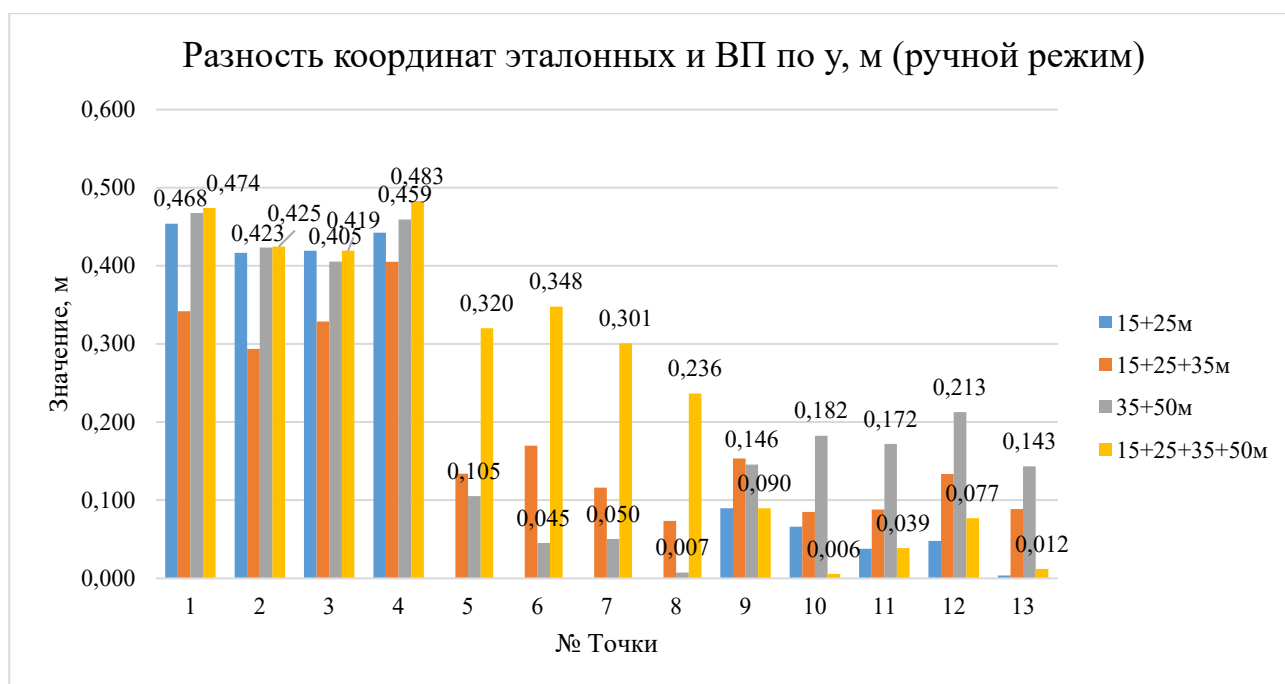


Рис. 6. Диаграмма отклонений координат точек ВП от эталонных по оси у

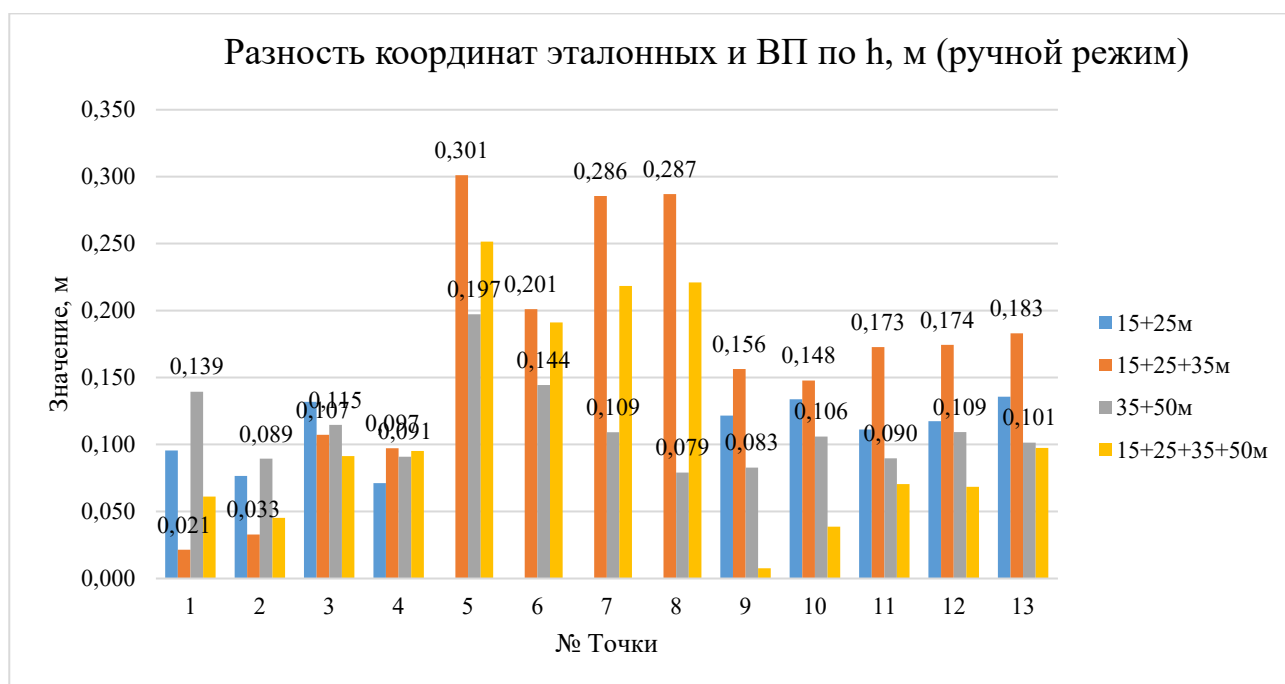


Рис. 7. Диаграмма отклонений координат точек ВП от эталонных по оси h

Анализ диаграмм (рис. 5, 6, 7) показал, что на всех расстояниях максимальные отклонения по осям x и h выявлены у точек группы 2. Точки группы 1, так же находясь на краю групп снимков, но на меньшем расстоянии показали меньшую разницу с эталонными координатами по осям x , h , но самую большую по оси y .

Можно сделать вывод, что при работе с визуальным позиционированием в ручном режиме возможно получать точность первых сантиметров даже с рассто-

яний, превышающих рекомендованные, но при соблюдении перекрытия, для того, чтобы координируемые контуры были определены на максимальном количестве снимков, а также необходимо изменение расстояния до объекта [5].

Таблица 1

Разности вычисленных и эталонных координат. Ручной режим

Комбинации групп изображений	Dx наим/наиб	Dx , м	Dy наим/наиб	Dy , м	Dh наим/наиб	Dh , м
15 м + 25 м	Dx наим	0,137 м	Dy наим	0,004 м	Dh наим	0,071 м
	Dx наиб	0,402 м	Dy наиб	0,454 м	Dh наиб	0,136 м
15 м + 25 м + 35 м	Dx наим	0,019 м	Dy наим	0,073 м	Dh наим	0,021 м
	Dx наиб	0,484 м	Dy наиб	0,405 м	Dh наиб	0,301 м
35 м + 50 м	Dx наим	0,006 м	Dy наим	0,007 м	Dh наим	0,079 м
	Dx наиб	0,323 м	Dy наиб	0,468 м	Dh наиб	0,197 м
15 м + 25 м + 35 м + 50 м	Dx наим	0,046 м	Dy наим	0,006 м	Dh наим	0,007 м
	Dx наиб	0,405 м	Dy наиб	0,483 м	Dh наиб	0,251 м

Необходимо отметить, что значительное влияние на точность измерений оказало искажение, которое присутствует по краям групп снимков. Дополнительно, из-за проведения съёмки в ручном режиме, интервалы между точками фотографирования оказались значительно больше, чем при автоматизированной съёмке, что обусловило уменьшение количества соответственных точек на изображениях.

Ввиду отсутствия солнцезащитного козырька над камерой со стороны восхождения Солнца появились засветки на краях некоторых снимков, которые, вероятно, также повлияли на результаты построения плотного облака точек (рис. 8).

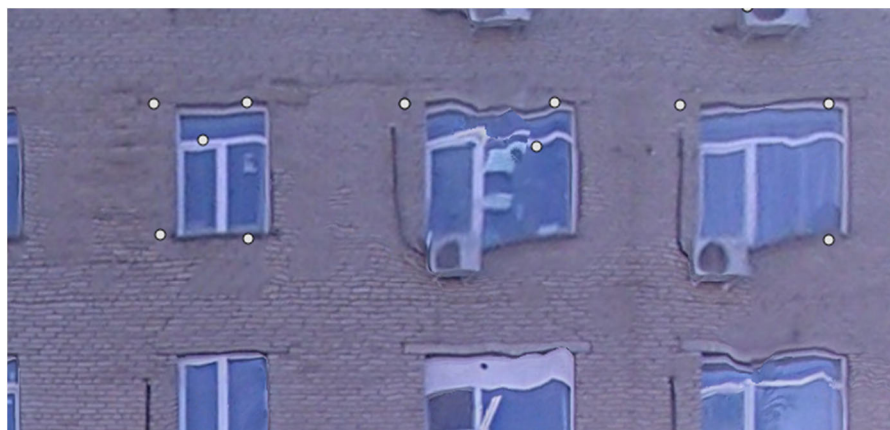


Рис. 8. Влияние искажения по краям групп изображений

Таким образом, точки, оказавшиеся на краях снимков, получили наибольшие расхождения с контрольными значениями, в тоже время точки, оказавшиеся ближе к центру групп снимков – наименьшие.

Из анализа таблицы 1 следует, что наилучший результат получился при съемке с расстояния до объекта наблюдений 35 и 50 метров, что значительно дальше рекомендуемых производителем расстояний [6]. Однако, присутствуют отклонения более чем на 20 см, что за пределами максимального отклонения, даже в масштабе съемки 1:1000. Согласно ГКИНП – 02 – 033 – 79 [7], максимальная допустимая погрешность в положении точек в плане составляет 0,2 мм в масштабе плана. Таким образом, точность положения точек при топографической съемке составляет 10 см и 20 см в масштабах 1:500 и 1:1000 соответственно.

Для наглядности, результаты вычисления разностей координат по осям x и y , а также по высоте h , полученных в режиме визуального позиционирования, при съемке в автоматическом режиме, и эталонных координат отображены на диаграммах (рис. 9, 10, 11.)

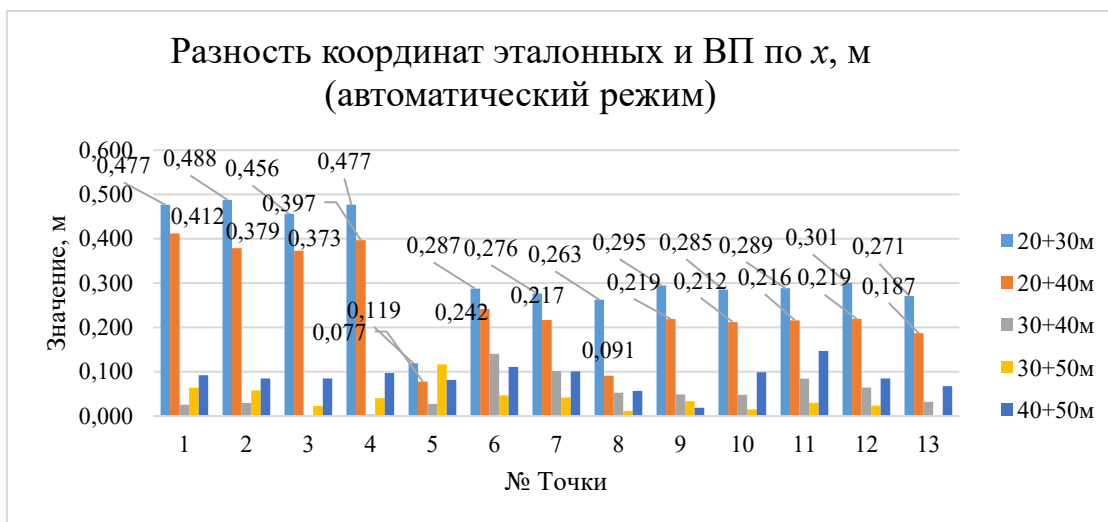


Рис. 9. Диаграмма отклонений координат точек ВП от эталонных по оси x

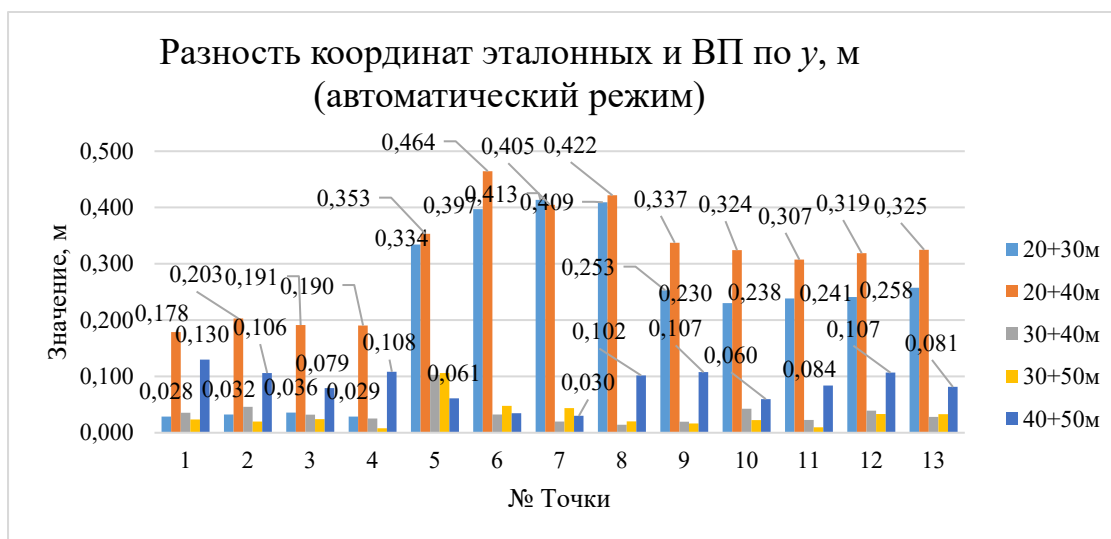


Рис. 10. Диаграмма отклонений координат точек ВП от эталонных по оси y

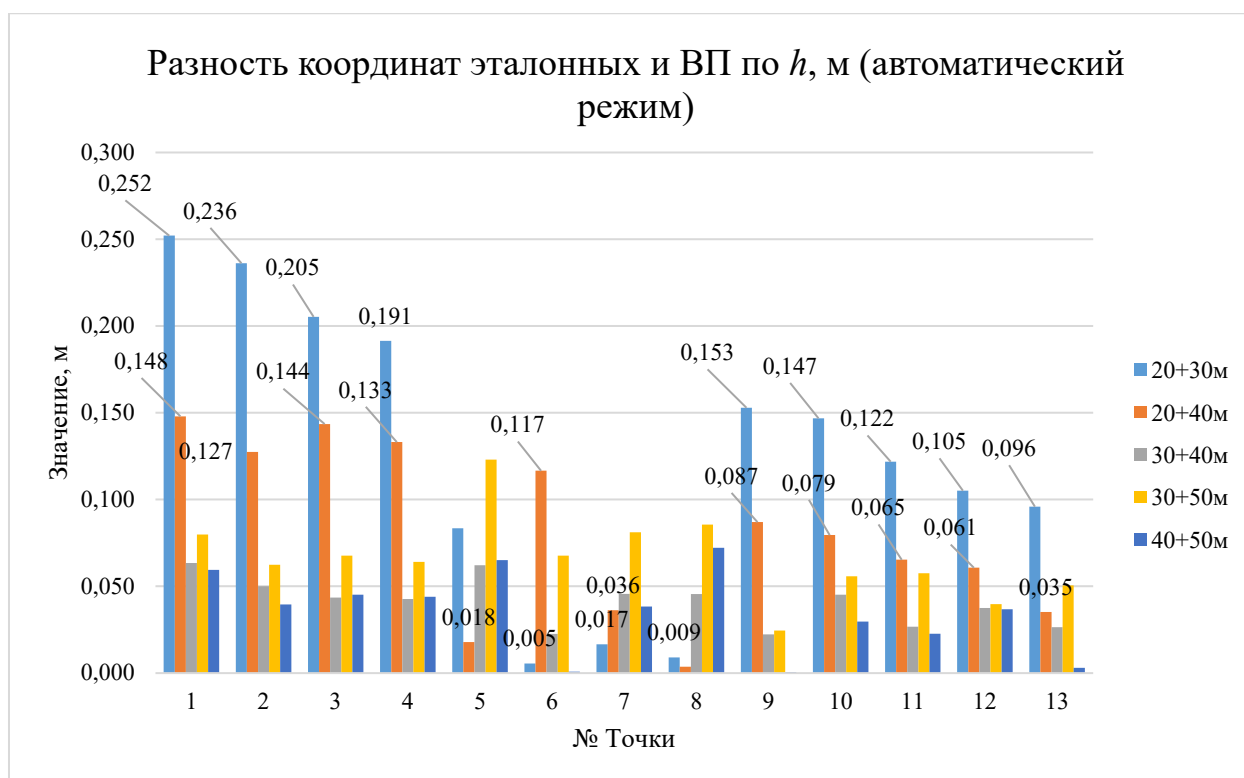


Рис. 11. Диаграмма отклонений координат точек ВП от эталонных по оси h

Из анализа графиков (рис. 9, 10, 11) можно сделать вывод, что наибольшие отклонения в плане от эталонных значений получили те точки, которые находились максимально с краю групп изображений.

Следует отметить, что наибольшие отклонения выявлены у точек, координаты которых вычислены из комбинаций групп изображений, сделанных на расстояниях 20 и 30 м, и 20 и 40 м. Вероятно, на результат повлияло малое количество используемых снимков для вычисления координат точек т.к. на расстоянии 20 м от фасада ввиду ограниченного поля зрения камеры оператор захватывает значительно меньше площади объекта. Таким образом, получается меньше соответственных точек на снимках и, следовательно, уменьшение точности.

Режим визуального позиционирования является дополнением к режиму RTK (Real Time Kinematic). Поэтому точность визуального позиционирования напрямую зависит от решения RTK.

Можно сделать вывод, что на точность группы изображений, сделанной на расстоянии 20 м оказала влияние плохая геометрия спутников ввиду ограничения небосвода.

Группы снимков, не включающие в себя группу снимков, сделанных на расстоянии 20 м, показали результаты, удовлетворяющие требованиям топографической съемки в масштабах 1:500 и 1:1000.

Результаты вычислений разностей координат точек с эталонными, снятых с помощью ВП в автоматическом режиме, представлены, табл. 2.

Таблица 2

Разности вычисленных и эталонных координат. Автоматический режим

Комбинации групп изображений	Dx наим/наиб	Dx, м	Dy наим/наиб	Dy, м	Dh наим/наиб	Dh, м
20м + 30м	Dx наим	0,119	Dy наим	0,028	Dh наим	0,005
	Dx наиб	0,488	Dy наиб	0,413	Dh наиб	0,252
20м + 40м	Dx наим	0,077	Dy наим	0,178	Dh наим	0,004
	Dx наиб	0,412	Dy наиб	0,464	Dh наиб	0,148
30м + 40м	Dx наим	0,002	Dy наим	0,014	Dh наим	0,022
	Dx наиб	0,140	Dy наиб	0,103	Dh наиб	0,063
30м + 50м	Dx наим	0,001	Dy наим	0,008	Dh наим	0,024
	Dx наиб	0,117	Dy наиб	0,106	Dh наиб	0,123
40м + 50м	Dx наим	0,019	Dy наим	0,030	Dh наим	0,001
	Dx наиб	0,147	Dy наиб	0,130	Dh наиб	0,072

Из анализа таблицы 2 следует, что, облако точек, построенное по съемке ВП, выполненной в автоматическом режиме, ближе к эталонным значениям, чем облако точек, построенное по съемке ВП в ручном режиме. Также следует, что измерения, выполненные с расстояний 30, 40 и 50 м удовлетворяют требуемой точности выполнения топографической съемки кустовых площадок и внутри-промысловых дорог [7].

Заключение

Из анализа полученных результатов можно сделать вывод, что съемку в режиме визуального позиционирования можно проводить с расстояний до 50 м с сохранением точности первых сантиметров. Для получения максимально достоверных результатов следует удерживать координируемый объект максимально близко к центру групп снимков, так как с увеличением расстояния до объекта влияние искажения по краям групп снимков, обусловленное уменьшением количества соответственных точек на снимках, увеличивается.

Точность построения цифровых 3D моделей удовлетворяет требуемой точности для производства геодезических работ для строительства объектов нефтегазодобычи, а также для подсчета объемов работ и буртов.

Благодарности

Выражается благодарность компании EFT Group в содействии и предоставлении необходимого для выполнения исследования оборудования и программного обеспечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приемник EFT M5 RUS. Текст: электронный / URL: https://eftgroup.ru/catalog/gnss_oborudovanie/gnss_priemniki/priemnik_eft_m5_rus/ (дата обращения : 20.04.2025). – Режим доступа: общий доступ.

2. Сайт компании EFT Group. – Текст: электронный / URL: <https://eftgroup.ru/> (дата обращения: 20.04.2025). – Режим доступ: общий доступ.
3. Сеть базовых станций EFT CORS. – Текст: электронный / URL: <https://eft-cors.ru/> (дата обращения: 20.04.2025). – Режим доступа: общий доступ.
4. Сайт компании Agisoft Metashape. – Текст: электронный / URL: <https://www.agisoft.com/> (дата обращения: 20.04.2025). – Режим доступ: общий доступ.
5. Некрестов, Я. А. Исследование ГНСС-приемника EFT M5 RUS в режиме визуального позиционирования / Я. А. Некрестов, Е. Г. Гиенко, М. В. Зайцев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – Т. 1, № 2. – С. 289-298. – DOI 10.33764/2618-981X-2023-1-2-289-298. – EDN RXYNEW.
6. Аппаратура геодезическая спутниковая «EFT M5 RUS». Руководство по эксплуатации. М., 2023. – Текст: электронный/ URL: https://eftgroup.ru/upload/iblock/997/5lsffm30frwyio6vetj9khx53q3jpmr4/RukovoDstvo_po_ekspluatatsii_EFT_M5_RUS.pDf (дата обращения: 20.04.2025). – Режим доступа: общий доступ.
7. ГКИНП 02-033-79 Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – Утверждён: 05.10.1979 Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. М. Недра, 1982

© Я. А. Некрестов, 2025