

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Е. Р. Бабеева, Н. П. Староста

СОЗДАНИЕ И ОБРАБОТКА ПРОЕКТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ PHOTOMOD

Методические указания по изучению междисциплинарного курса
для обучающихся по специальности 21.02.07 Аэрофотогеодезия
(по программе подготовки специалистов среднего звена)

Новосибирск
СГУГиТ
2022

УДК 528.7:528.8

Б123

Рецензент: преподаватель высшей квалификационной категории общепрофессиональных дисциплин НТГиК СГУГиТ *Л. Ю. Субач*

Бабеева, Е. Р.

Б123 Создание и обработка проекта беспилотного летательного аппарата на цифровой фотограмметрической системе PHOTOMOD : методические указания по изучению междисциплинарного курса / Е. Р. Бабеева, Н. П. Староста. – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 32 с. – Текст : непосредственный.

Методические указания подготовлены преподавателем высшей квалификационной категории общепрофессиональных дисциплин Новосибирского техникума геодезии и картографии СГУГиТ Е. Р. Бабеевой, преподавателем Н. П. Старостой.

В методических указаниях представлено описание создания и обработки проекта беспилотного летательного аппарата на цифровой фотограмметрической системе PHOTOMOD, общие требования по выполнению проекта.

Рекомендованы к изданию цикловой комиссией «Землеустройство и геодезия» НТГиК СГУГиТ.

Печатается по решению административно-методического совета
НТГиК СГУГиТ

УДК 528.7:528.8

© СГУГиТ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Порядок выполнения работы	5
Контрольные вопросы	29
Заключение	30
Библиографический список.....	31

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно используются материалы, полученные с беспилотных летательных аппаратов (БЛА) во многих областях народного хозяйства. Методические указания являются одним из этапов освоения дисциплины ПМ 03. МДК 03.01 Стереотопографическая съемка по специальности 21.02.07 Аэрофотогеодезия. Количество учебных часов равно восьми.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся применяют теоретические знания и приобретают практические навыки обработки аэроматериалов в программе PHOTOMOD UAS. Технология обработки включает следующие этапы: выполнение накидного монтажа, построение блока по привязке блока по опорным точкам, уравнивание блока.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Создание проекта.

Для начала выполнения проекта необходимо открыть программу PHOTOMOD UAS.

При запуске программы появляется окно *Управление проектами – Создать*.

Необходимо установить тип центральной проекции.

Выставить систему координат.

Высота местности: минимальная – 100 м, максимальная – 200 м.

Указать путь к проекту – Учебная (рис. 1).

Рис. 1. Параметры для создания нового проекта

Необходимо создать один маршрут, чтобы все снимки выстроились в ряд, для наблюдения общей картины (рис. 2).

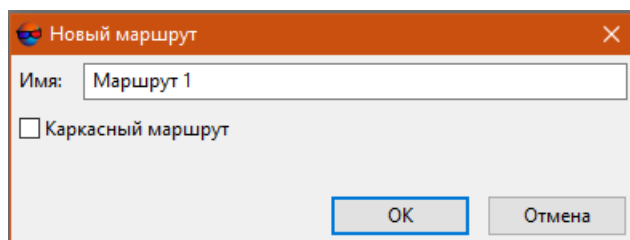


Рис. 2. Количество маршрутов

2. Загрузка изображений.

С помощью *Редактора блока* (рис. 3) добавить изображения из файла  и создать папку *Images* для сохранения файлов. Окно создания папки появится автоматически.

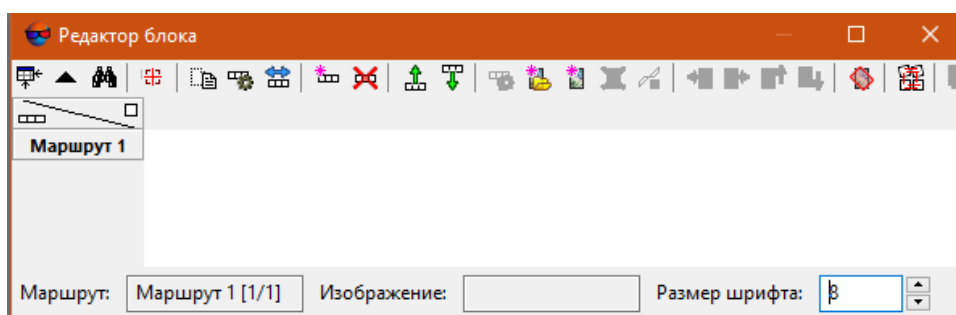


Рис. 3. Окно *Редактор блока*

В папке *Images* выделить все изображения.

Нажать *Преобразовать*.

3. Импорт камеры и присвоение ее изображениям.

Вкладка *Триангуляция*. Зайти в *Управление камерами – Импортировать камеру* из проекта и присвоить ее изображениям (рис. 4).

Все настройки по умолчанию оставить неизменными и нажать *ОК* (рис. 5).

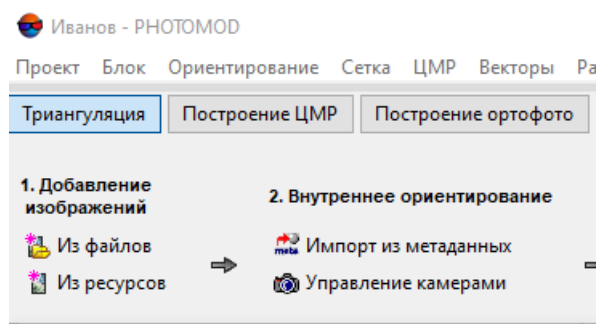


Рис. 4. Вкладка *Триангуляция*

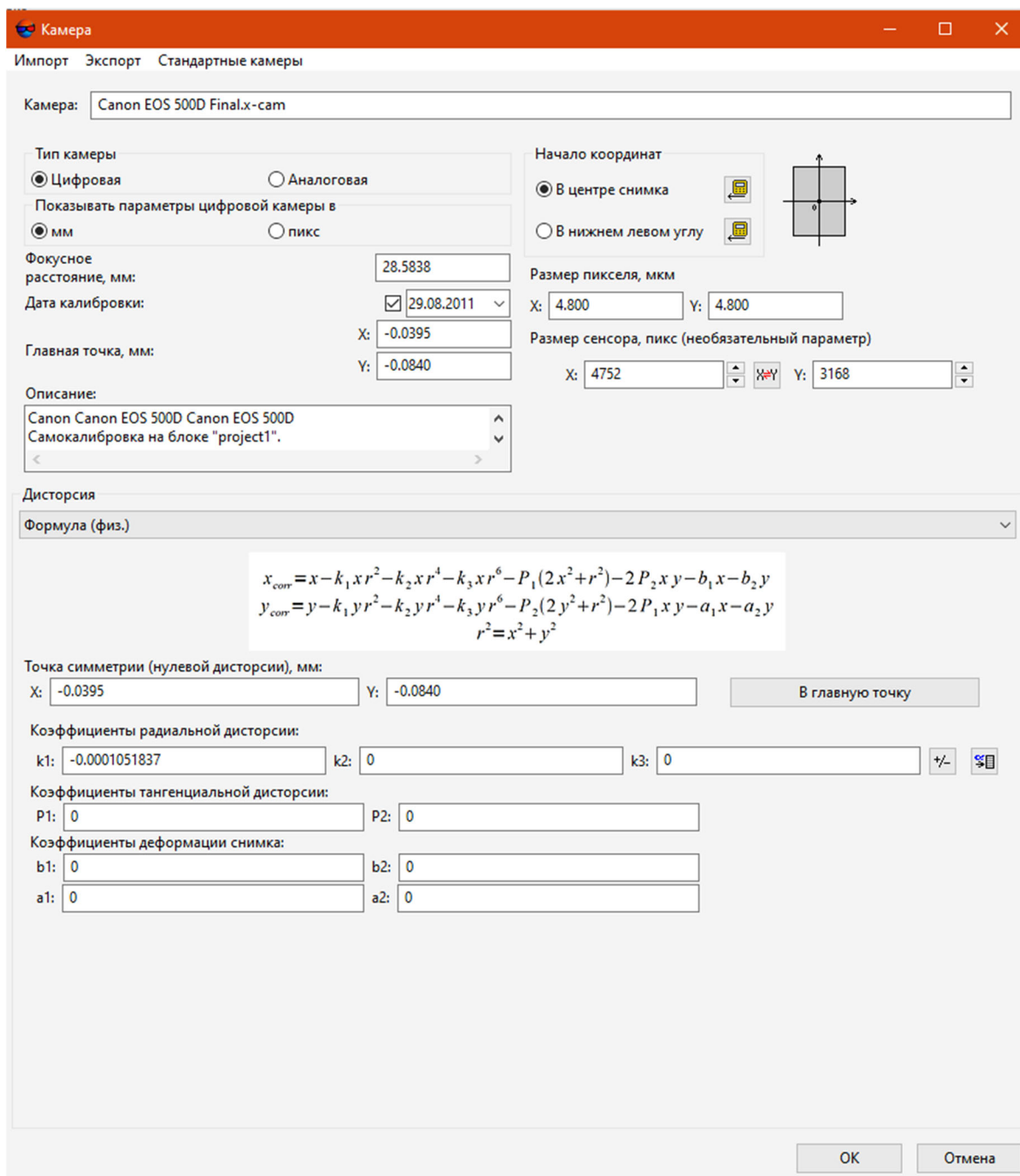


Рис. 5. Параметры окна импорта камеры

Задать угол поворота осей камеры 180°, после применить изменения
Выполнить (рис. 6).

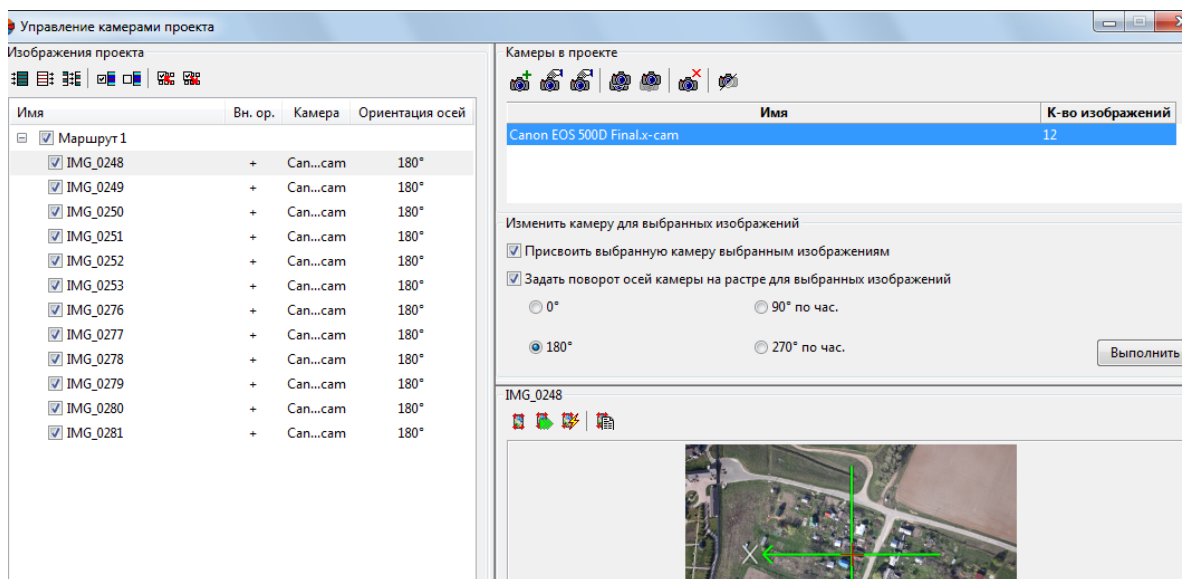


Рис. 6. Окно *Управление камерами проекта*

4. Импорт элементов внешнего ориентирования.

Найти вкладку *Внешнее ориентирование – Импорт из файла – папка ФТГМ – БЛА Фотомод – Данные для проекта – EO.txt – Открыть* (рис. 7).

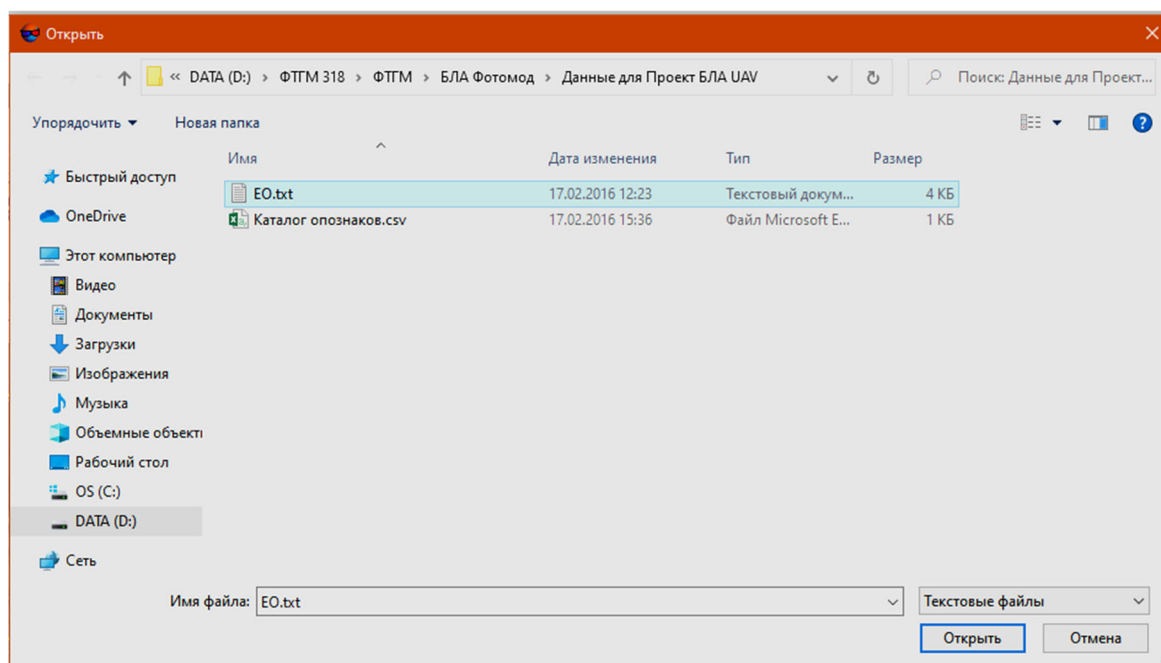


Рис. 7. Импорт элементов внешнего ориентирования

Настройки для импорта внешнего ориентирования поставить, как на рис. 8.

Импорт элементов внешнего ориентирования

Шаг 1 из 3: Файл

Шаблон строки
Name X Y Z Omega Phi Kappa

Начать импорт со строки 1

Загружать для просмотра не более 10 строк

Автоматическая проверка шаблона ☒

Доступные поля

Name	STDDEVY
X	STDDEVZ
Y	STDDEVOmega
Z	STDDEVPhi
Omega	STDDEVKappa
Phi	T
Kappa	
STDDEVX	

Разделители полей

☒ Запятая ☒ Табуляция

☐ Пробел ☐ Точка с запятой

☐ Другие

Десятичный разделитель

☒ Только точка ☐ Точка или запятая

Дополнительно

☐ UTF-8 ☒ Распознавать ***

Просмотр файла: D:\ФТГМ 318\ФТГМБЛА Фотомод\Данные для Проект БЛА UAVEO.txt

	Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
1	NAME	X	Y	Z	OMEGA_DEG	PHI_DEG	KAPPA_DEG
2	IMG_0248	572112.2790	6083430.500	631.445610	-5.741036489	-3.427160182	-86.88340771
3	IMG_0249	572118.3043	6083330.873	630.245610	-2.522352580	-5.721573435	-86.46039380
4	IMG_0250	572125.2311	6083235.045	629.445611	-2.354677662	-6.861052611	-88.11487842
5	IMG_0251	572125.5464	6083139.445	630.145611	-2.651871035	-7.181143480	-92.40698492

Перетащите имя поля из списка доступных полей на столбец таблицы для того, чтобы определить тип столбца. Двойной щелчок на столбце таблицы отменяет выбор поля.

Имя Файла

D:\ФТГМ 318\ФТГМБЛА Фотомод\Данные для Проект БЛА UAVEO.txt

☒ Неполное совпадение имен изображений в файле и в проекте

☐ Сопоставлять по номеру записи [Настроить...](#)

☐ Матрица PAT-B

☐ Негатив

☒ CSV (центры проекции, углы Omega/Phi/Kappa и GPS-время)

☐ CSV (навигационные данные: широта/долгота/высота WGS 84, углы рысканья/тангажа/крена и время)

☐ CSV (навигационные данные: центры проекции в рабочей с.к. проекта, углы рысканья/тангажа/крена и время)

< Назад Далее > Отмена

Рис. 8. Настройки окна *Импорт элементов внешнего ориентирования – Файл*

Параметры выставить, как на рис. 9.

Добавить параметры, как на рис. 10, – *Выполнить*.

Импорт элементов внешнего ориентирования

Шаг 2 из 3: Параметры импорта

Углы

Единицы измерения: ☒ градусы ☐ радианы ☐ грады

☐ Прибавить к углу каппа градусов

Изменить знак у углов:

☐ Омега ☐ Фи ☐ Каппа

Высота местности

min м

max м

Точность измерений (СКО)

Центры проекции	Углы внешнего ориентирования
X 0.2000 м	омега 0.005000 градусов
Y 0.2000 м	фи 0.005000 градусов
Z 0.2000 м	каппа 0.005000 градусов
☒ Одинаковая точность по всем осям	☒ Одинаковая точность по всем осям

< Назад Далее > Отмена

Рис. 9. Настройки окна *Импорт элементов внешнего ориентирования* – *Параметры импорта*

Импорт элементов внешнего ориентирования

Шаг 3 из 3: Дополнительные действия

☐ Разбить на маршруты по ЭВО

☒ Построить накидной монтаж блока по ЭВО

☒ Выполнить уравнивание по импортированным ЭВО

☒ Повернуть снимки в схеме блока по накидному монтажу

Рис. 10. Настройки окна *Импорт элементов внешнего ориентирования* – *Дополнительные действия*

Открыть окно накидного монтажа и активировать режим *По внешнему* (рис. 11) [3]. Полученный результат показан на рис. 12.

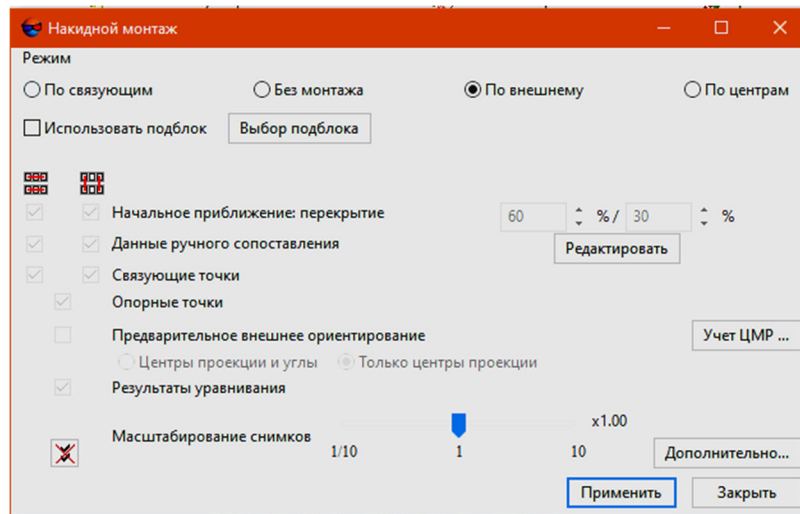


Рис. 11. Параметры окна *Накидной монтаж*

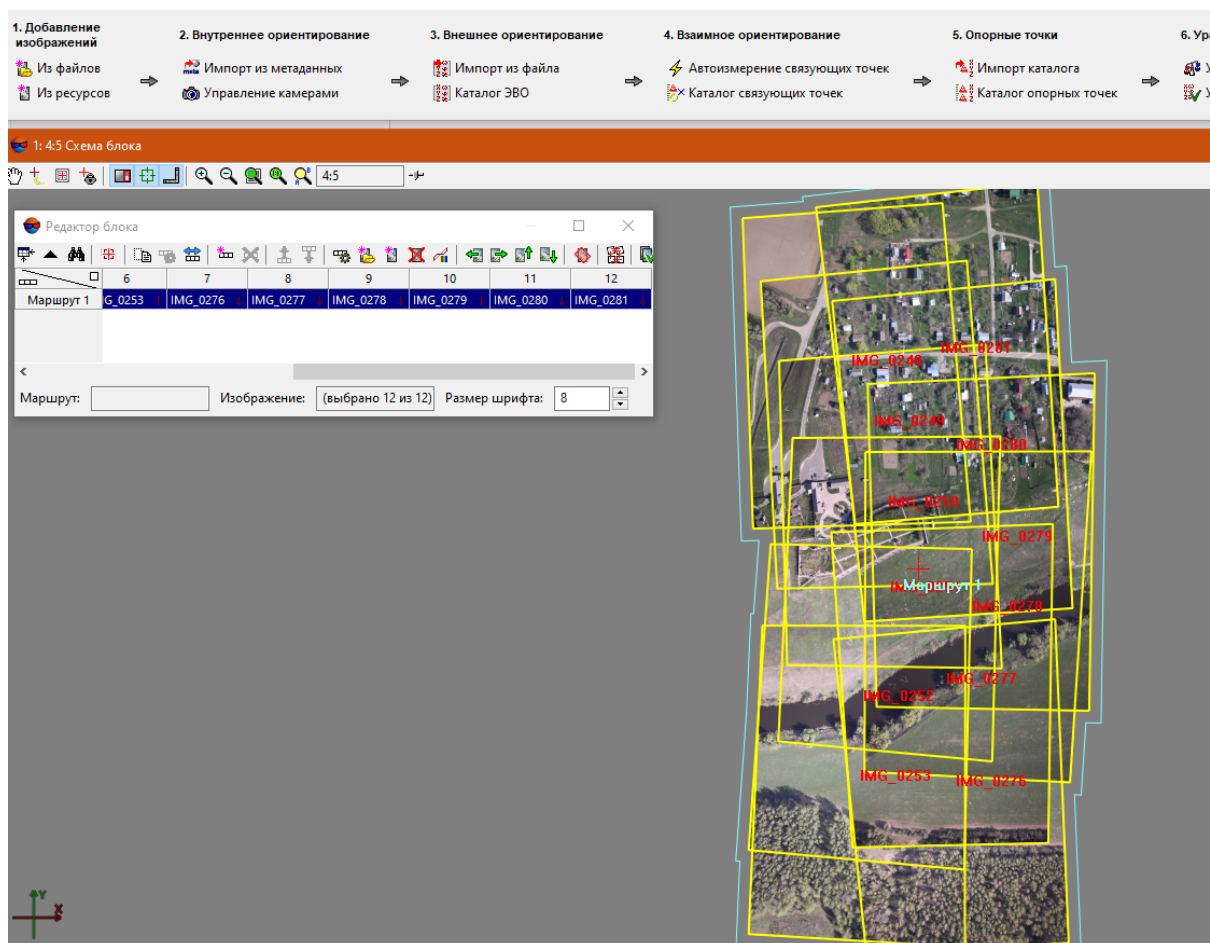


Рис. 12. Накидной монтаж в режиме *По внешнему*

5. Разбивка блока на маршруты по внешнему ориентированию.

Открыть окно *Блок – Разбить на маршруты – По внешнему ориентированию...* Установить параметры, как на рис. 13. Открыть редактор блока после установки настроек разбивки на маршруты (рис. 14).

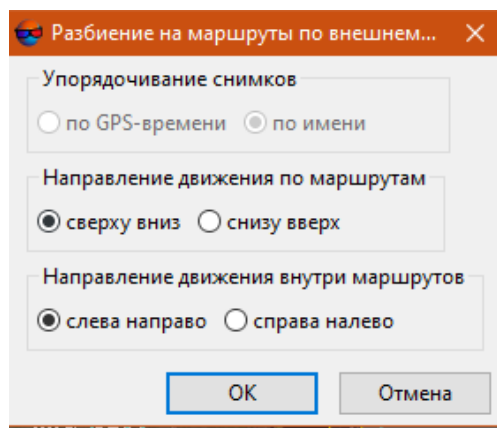


Рис. 13. Параметры для разбивки на маршруты по внешнему ориентированию

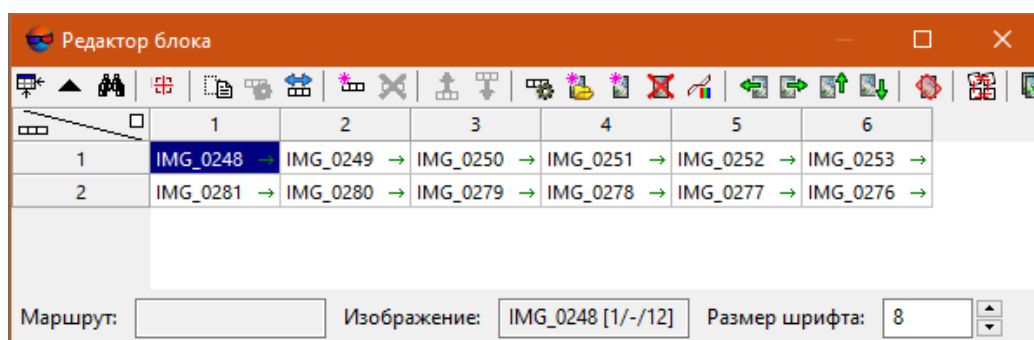


Рис. 14. Вид редактора блока после разбивки блока на маршруты по внешнему ориентированию

6. Автоматическая триангуляция.

Выполнить следующие действия: *Автоматическая триангуляция – Быстродействие – Надежность* (рис. 15) [2].

7. Отчет взаимного ориентирования.

Активировать вкладку *Ориентирование – Дополнительно – Отчет о взаимном ориентировании (Ctrl + Alt + R)*. Сформировать отчет (рис. 16).

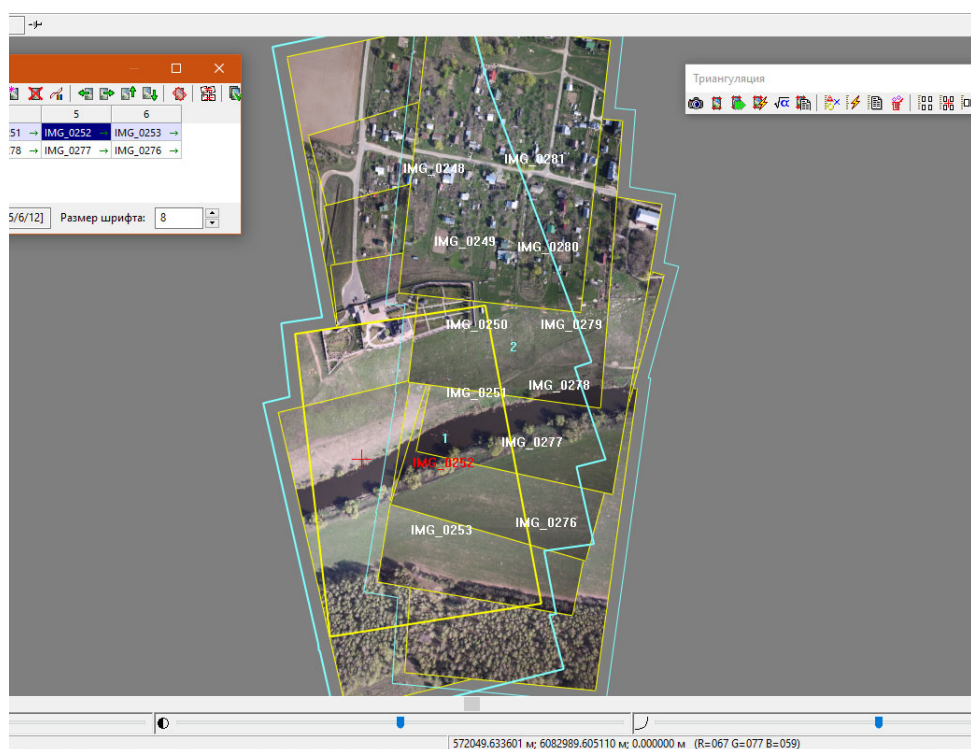


Рис. 15. Общий вид после автоматической триангуляции

Внутримаршрутные измерения

Статистика

Маршруты	Снимки	Стереопары				Триплеты			
		Всего	Выполнено	Ошибки	Не выполнено	Всего	Выполнено	Ошибки	Не выполнено
1	IMG_0248 — IMG_0253	5	5	0	0	4	0	4	0
2	IMG_0281 — IMG_0276	5	5	0	0	4	0	4	0

[\[В начало\]](#)

Маршрут: 1

	Стереопара	Кол-во точек	Остаточный поперечный параллакс, пикс.			Разница углов каппа, рад	Равномерность распределения	
			СКО	ср. модуль	max			
*	IMG_0248 — IMG_0249	217	0.379	0.259	1.428	0.34241222	равномерное	± ±
*	IMG_0249 — IMG_0250	250	0.331	0.242	1.191	0.06550886	равномерное	± ±
*	IMG_0250 — IMG_0251	271	0.322	0.242	1.078	0.01077760	равномерное	± ±
*	IMG_0251 — IMG_0252	233	0.349	0.255	1.112	-0.33017695	неравномерное	± ±
*	IMG_0252 — IMG_0253	223	0.409	0.301	1.601	-0.00077307	равномерное	± ±

	Триплет	Кол-во точек	Ошибки по связи, пикс.					
			СКО		ср. модуль		max	
			E _{xy}	E _z	E _{xy}	E _z	E _{xy}	E _z
*	IMG_0248 — IMG_0249 — IMG_0250	138	0.828	3.381	0.639	2.728	3.061	9.482
*	IMG_0249 — IMG_0250 — IMG_0251	155	0.871	3.454	0.582	2.462	4.147	15.972
*	IMG_0250 — IMG_0251 — IMG_0252	138	0.870	3.794	0.586	2.832	5.132	13.309
*	IMG_0251 — IMG_0252 — IMG_0253	142	0.890	3.745	0.622	2.885	4.044	13.134

Рис. 16. Отчет взаимного ориентирования

8. Автоматическое измерение связующих точек.

Необходимо установить высокую конфигурацию коррелятора (рис. 17).

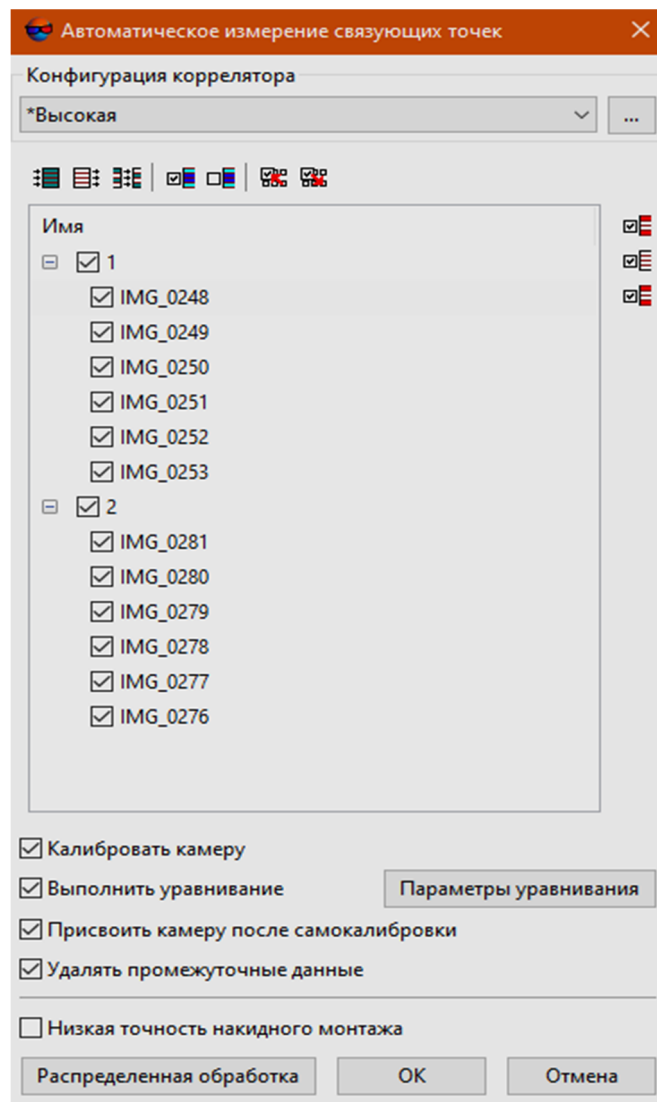


Рис. 17. Параметры окна *Автоматическое измерение связующих точек*

Производится измерение связующих точек (рис. 18).

Чтобы исключить грубые ошибки, необходимо произвести Автоматическое измерение связующих точек, после чего отчет будет без ошибок, как на рис. 19 [1].

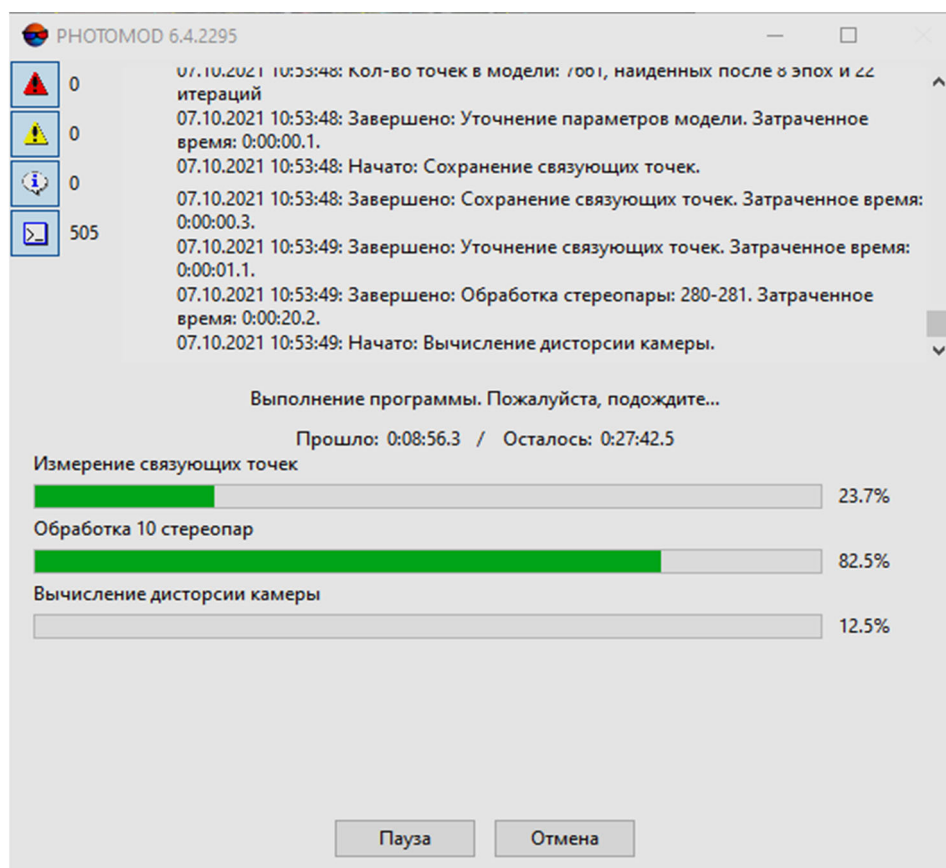


Рис. 18. Окно измерения связующих точек

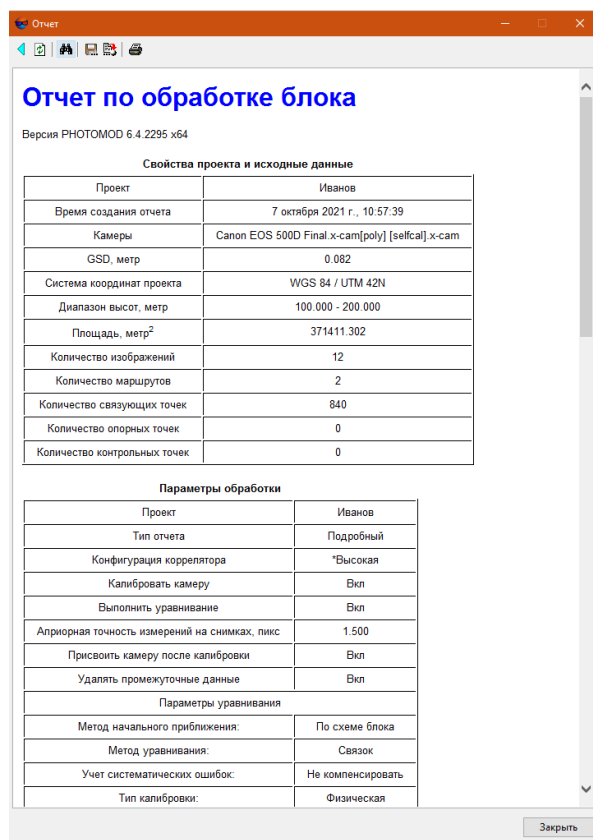


Рис. 19. Отчет по обработке блока

Отчет без ошибок показан на рис. 20.

	Стереопара	Кол-во точек	Остаточный поперечный параллакс, пикс.			Разница углов каппа, рад	Равномерность распределения	
			СКО	ср. модуль	max			
* -	IMG 0248 — IMG 0249	148	0.520	0.410	1.688	0.26438143	неравномерное	±
* -	IMG 0249 — IMG 0250	137	0.372	0.301	1.357	0.03277366	неравномерное	±
* -	IMG 0250 — IMG 0251	104	0.390	0.302	1.153	-0.07973223	неравномерное	±
* -	IMG 0251 — IMG 0252	57	0.505	0.394	1.411	-0.23681082	неравномерное	±
* -	IMG 0252 — IMG 0253	76	0.365	0.289	1.125	-0.20172636	неравномерное	±

	Триплет	Кол-во точек	Ошибки по связи, пикс.					
			СКО		ср. модуль		max	
			E_{xy}	E_z	E_{xy}	E_z	E_{xy}	E_z
* -	IMG 0248 — IMG 0249 — IMG 0250	112	0.956	4.025	0.775	3.447	2.232	7.923

Рис. 20. Отчет взаимного ориентирования

9. Загрузка каталога с опорными точками и их идентификация.

Папка ФТГМ – БЛА Фотомод – Данные для проекта БЛА UAV – Каталог опознаков – Открыть (рис. 21).

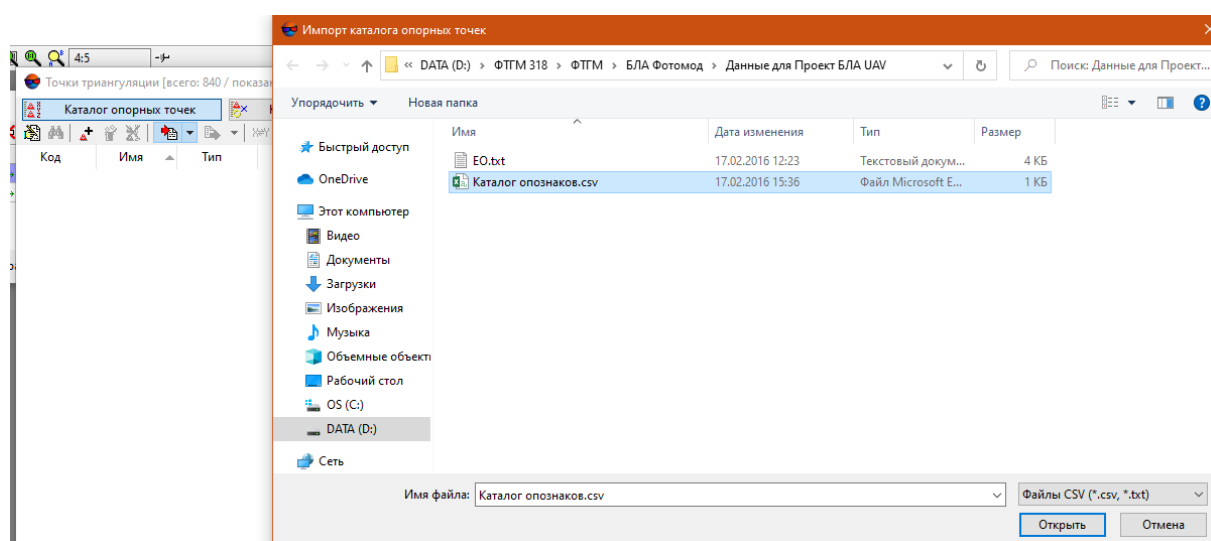


Рис. 21. Окно Импорт каталога опорных точек

Установить параметры в окне импорта каталога опорных точек, как на рис. 22.

Изменить точность измерения опорных точек в плане, как на рис. 23.

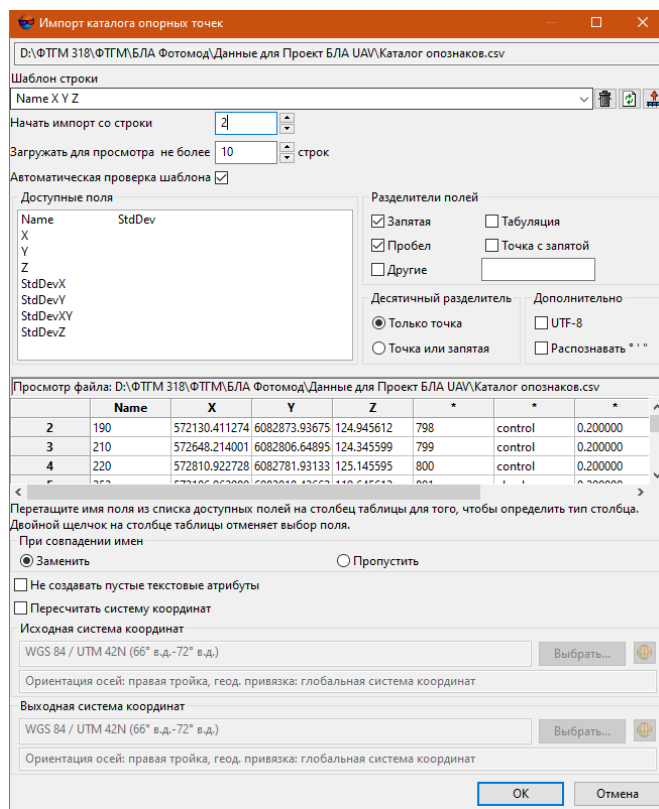


Рис. 22. Параметры окна *Импорт каталога опорных точек*

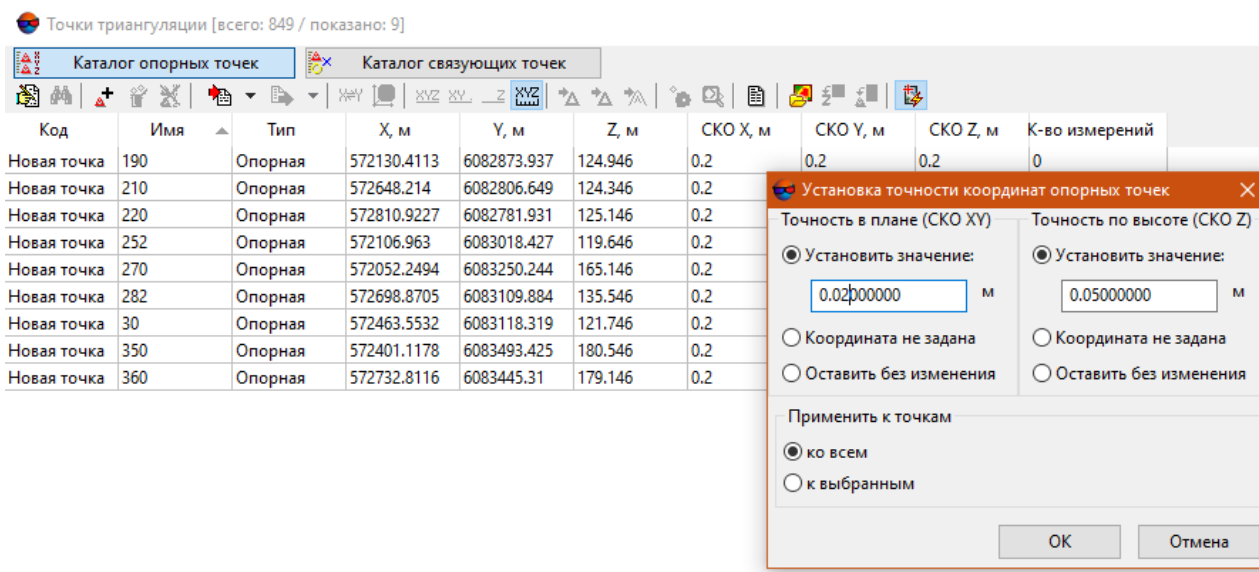
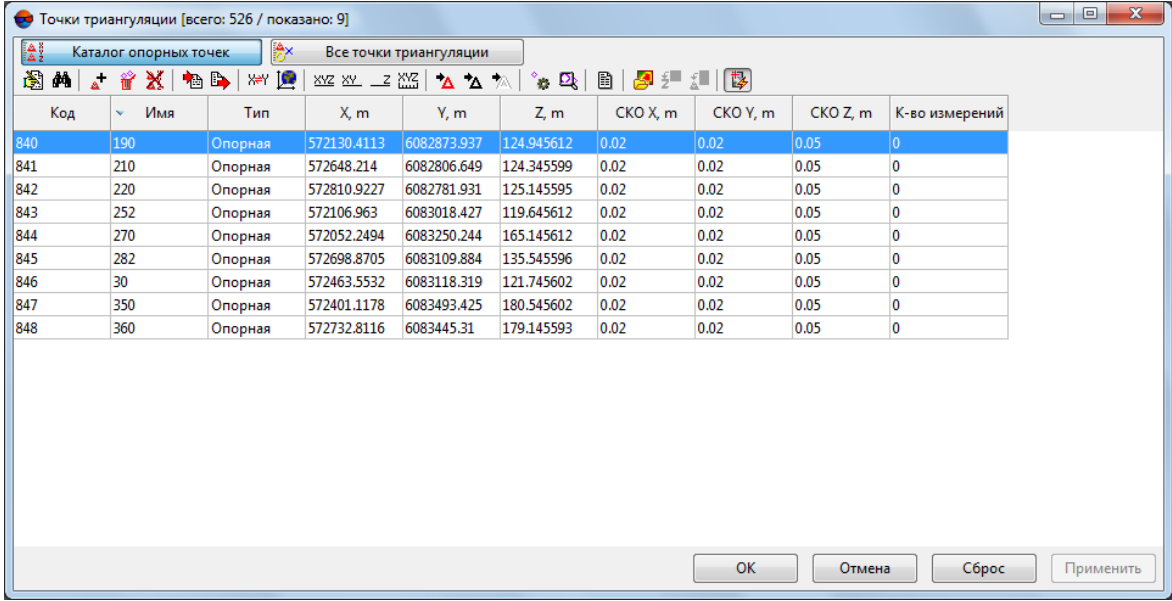


Рис. 23. Окно *Установка точности координат опорных точек*

10. Идентификация опорных точек.

Двойным щелчком выбрать первую точку (рис. 24).



Код	Имя	Тип	X, m	Y, m	Z, m	СКО X, m	СКО Y, m	СКО Z, m	К-во измерений
840	190	Опорная	572130.4113	6082873.937	124.945612	0.02	0.02	0.05	0
841	210	Опорная	572648.214	6082806.649	124.345599	0.02	0.02	0.05	0
842	220	Опорная	572810.9227	6082781.931	125.145595	0.02	0.02	0.05	0
843	252	Опорная	572106.963	6083018.427	119.645612	0.02	0.02	0.05	0
844	270	Опорная	572052.2494	6083250.244	165.145612	0.02	0.02	0.05	0
845	282	Опорная	572698.8705	6083109.884	135.545596	0.02	0.02	0.05	0
846	30	Опорная	572463.5532	6083118.319	121.745602	0.02	0.02	0.05	0
847	350	Опорная	572401.1178	6083493.425	180.545602	0.02	0.02	0.05	0
848	360	Опорная	572732.8116	6083445.31	179.145593	0.02	0.02	0.05	0

Рис. 24. Вкладка *Каталог опорных точек*

Открыть фотоабрисы опорных точек. Перейти в папку *Данные для Проект БЛА UAV – Опорные точки* (рис. 25).

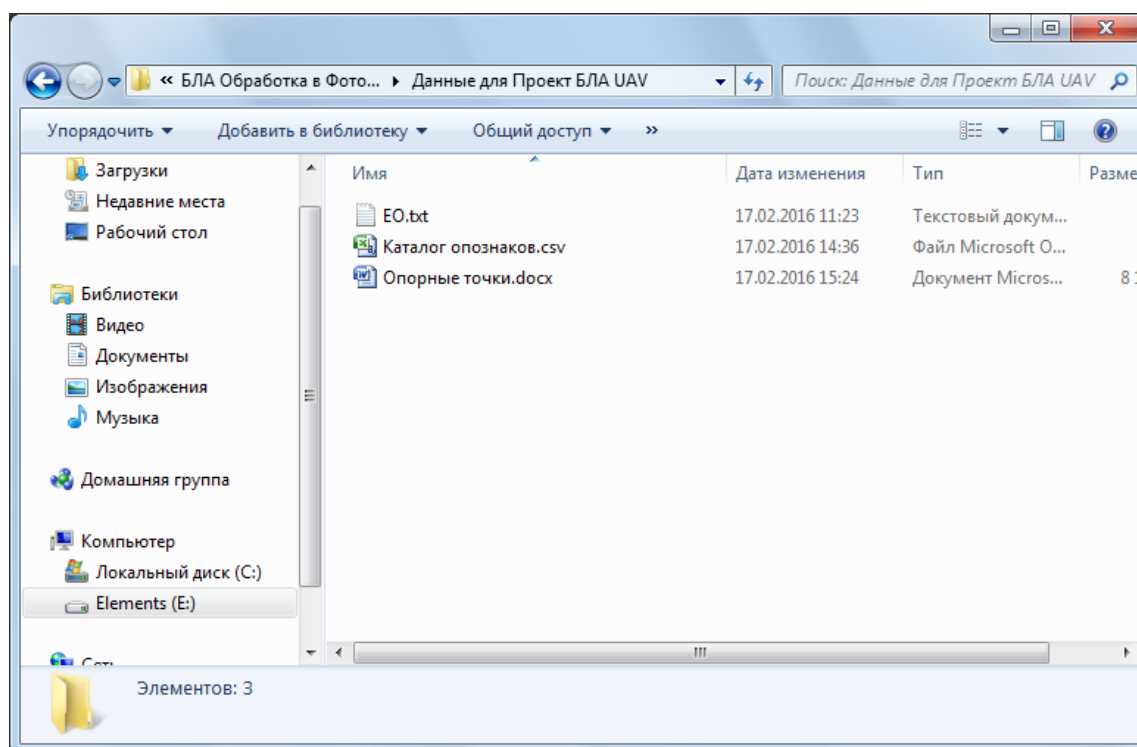


Рис. 25. Папка с фотоабрисами опорных точек

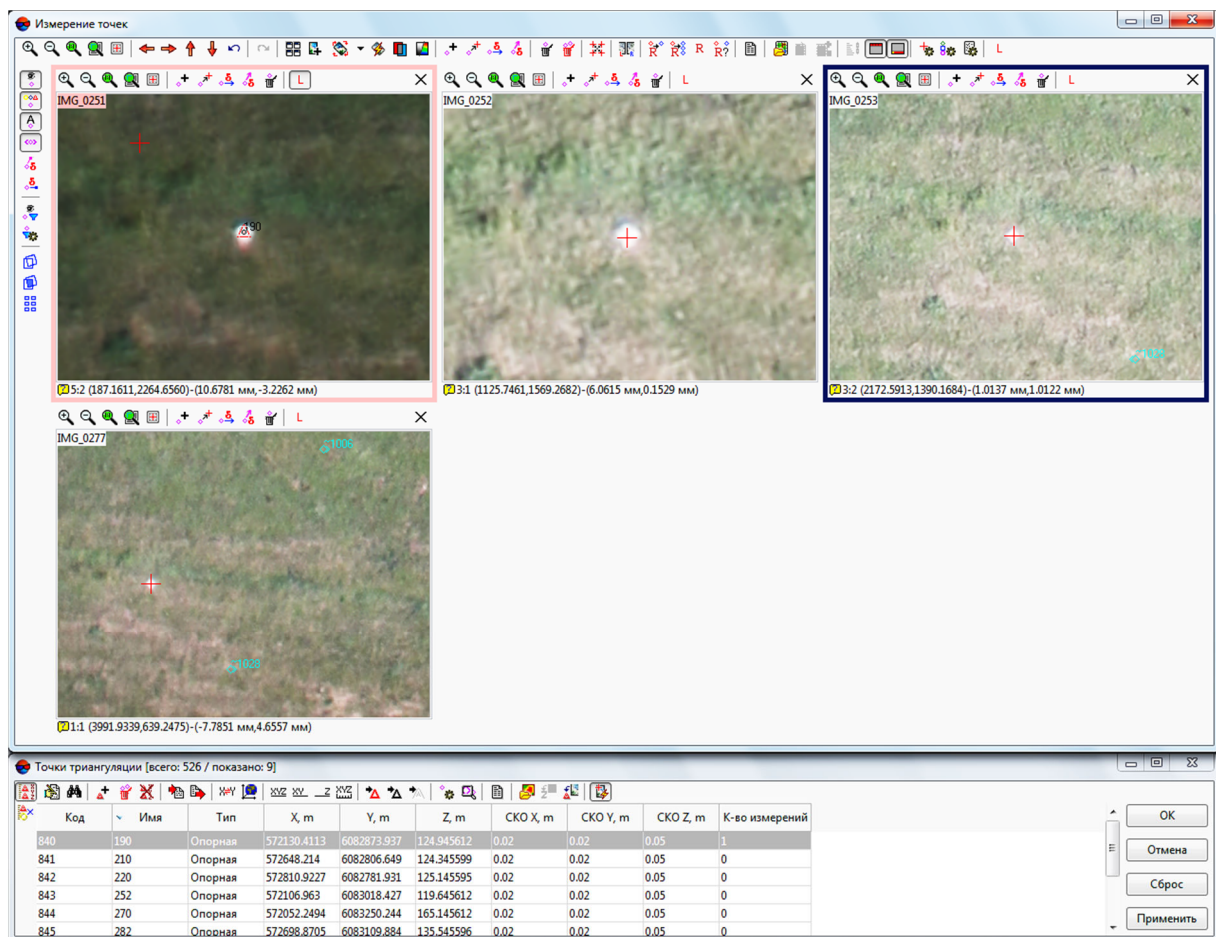


Рис. 27. Окно *Точки триангуляции*

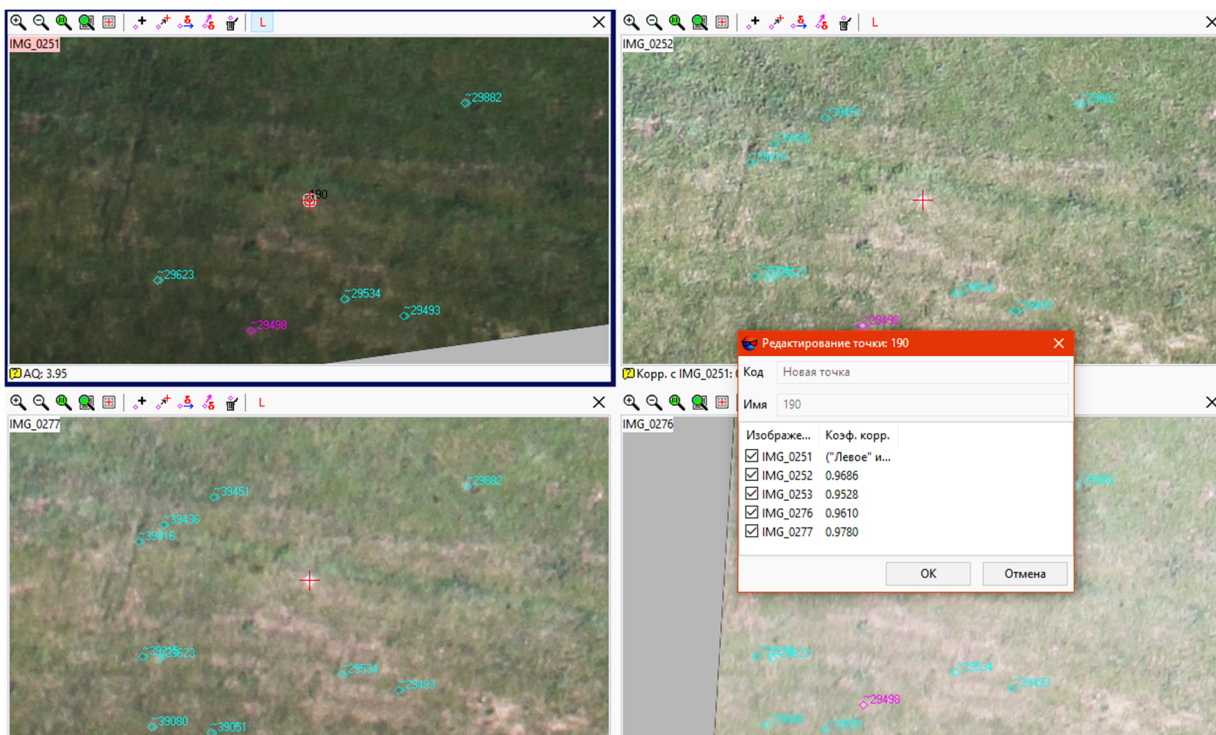


Рис. 28. Окно *Редактирование точек*

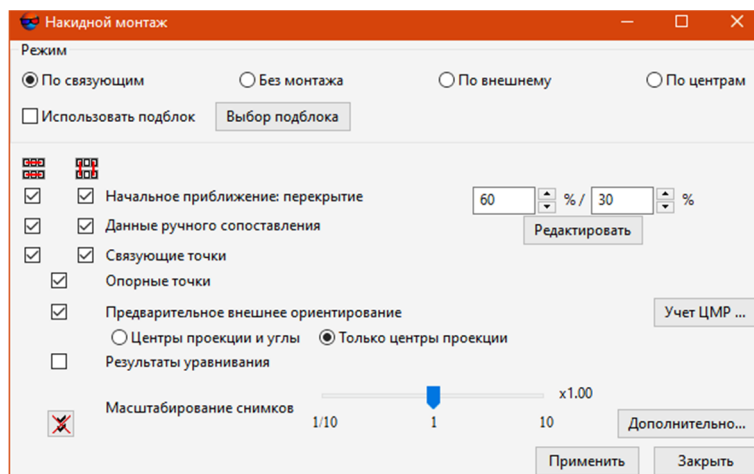


Рис. 29. Параметры окна *Накидной монтаж*

12. Уравнивание блока. Активировать *Уравнивание блока* – вкладка *Уравнивание* – *По схеме блока* – *Использовать текущее решение* – *Метод уравнивания* – *ОСТАВИТЬ* – *Базис 1000 метров*. Перейти к вкладкам *Настройка начального приближения* – *Параметры расчета начального приближения*, как на рис. 30.

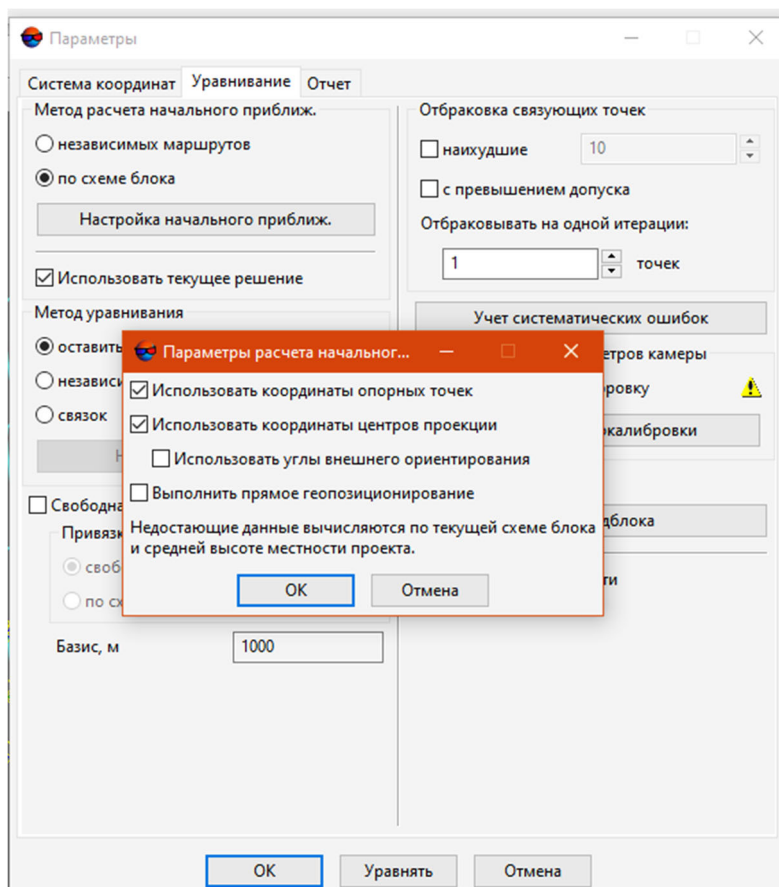


Рис. 30. Окно *Параметры расчета начального приближения*

Далее отметить *Метод уравнивания – Связок – Настройки уравнивания* – отключить *Использовать углы внешнего ориентирования* (рис. 31) [2].
Во вкладке *Отчет* принять параметры, как на рис. 32.

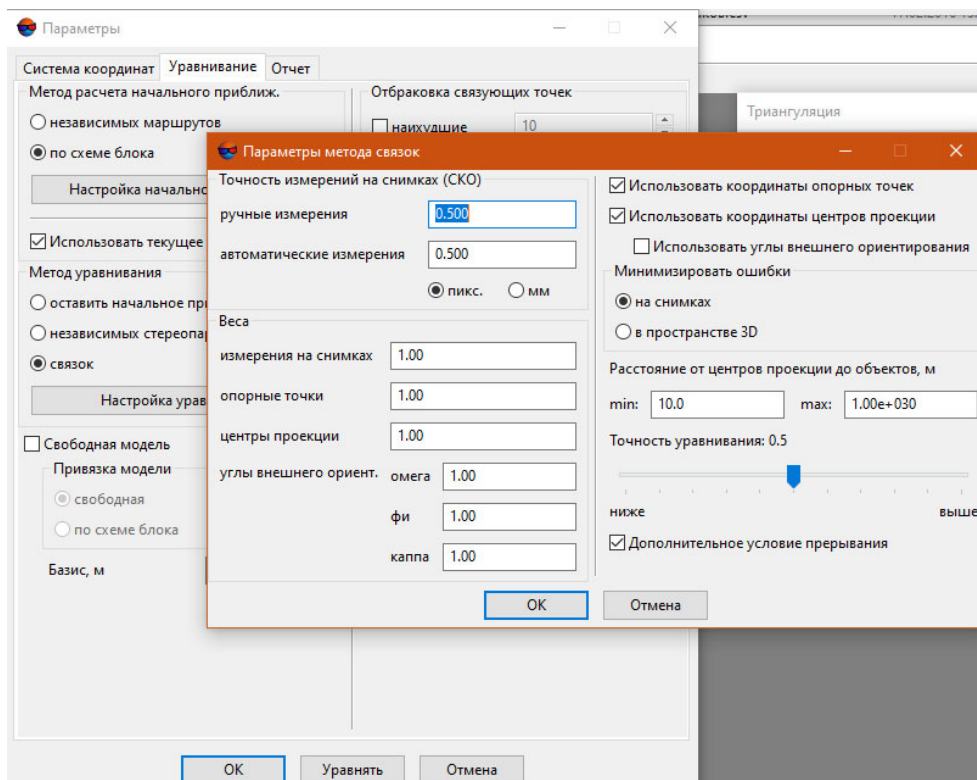


Рис. 31. Окно *Параметры метода связок*

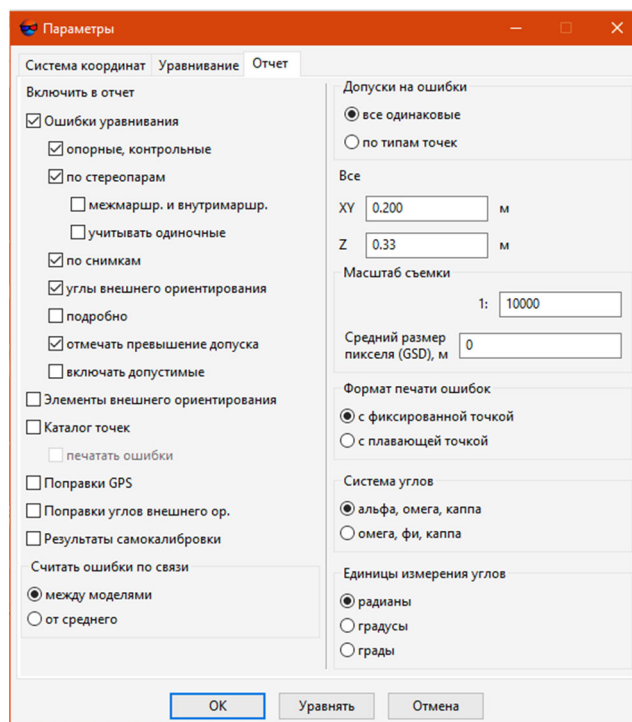


Рис. 32. Окно параметров отчета

Файл примет вид, показанный на рис. 33.

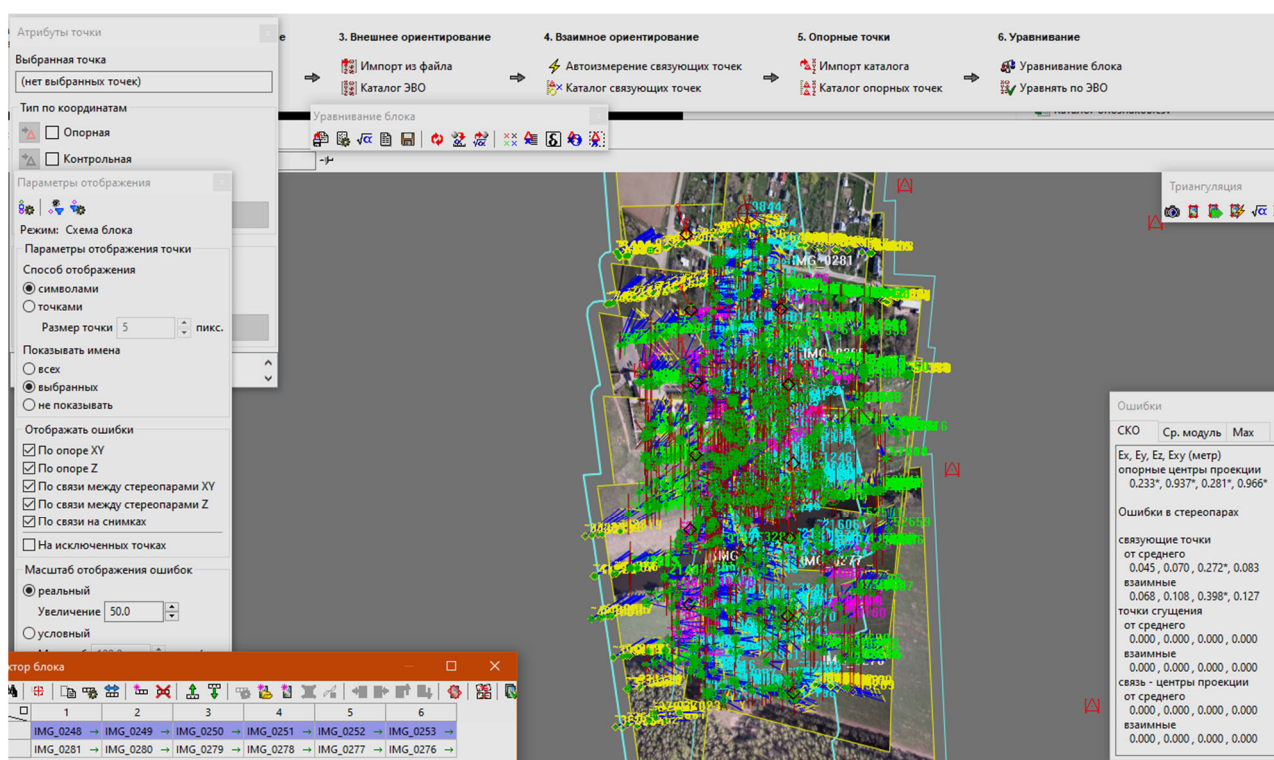


Рис. 33. Общий вид результата уравнивания

Поставить следующие установки:

– отключить («глазик»): *Точки триангуляции* – *Схема блока* – *Растр* (рис. 34);

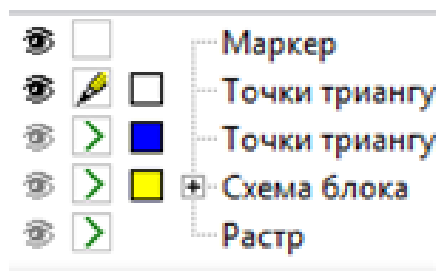


Рис. 34. Отключение слоев

– задать параметры в окне *Фильтр точек*, как на рис. 35;

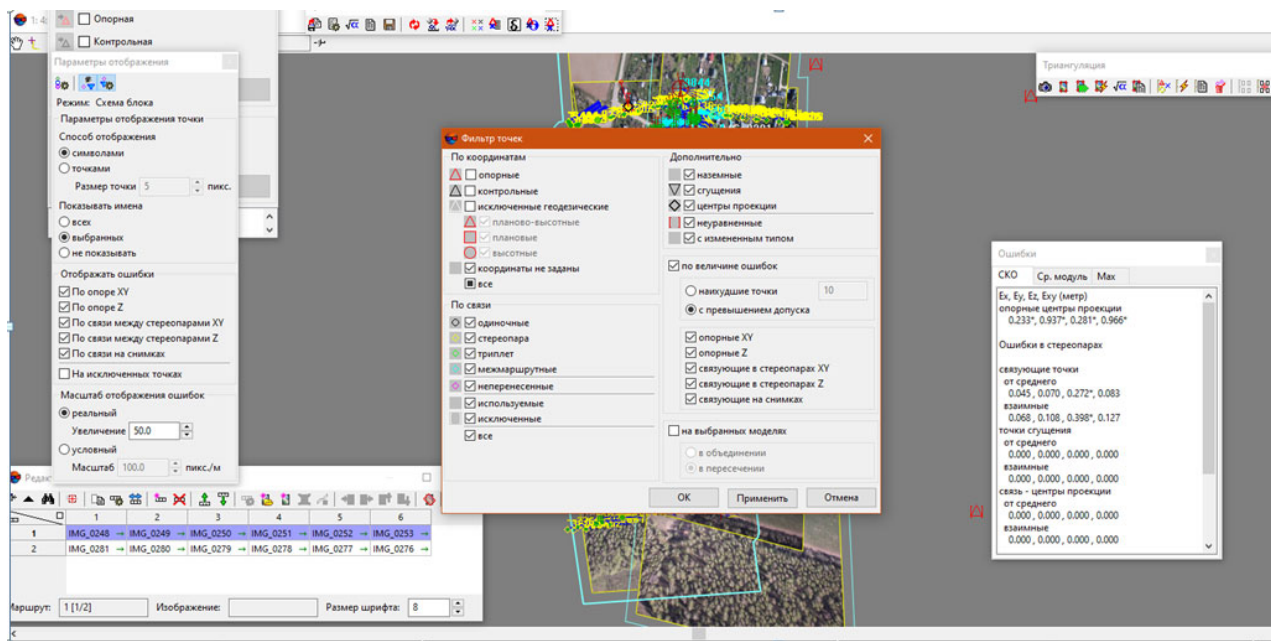


Рис. 35. Окно *Фильтр точек*

- выделить все «бракованные» точки окном (зажать *Shift* и выделить левой кнопкой мыши), как на рис. 36;
- исключить их из уравнивания (тип по связи *Исключена*), как на рис. 37.

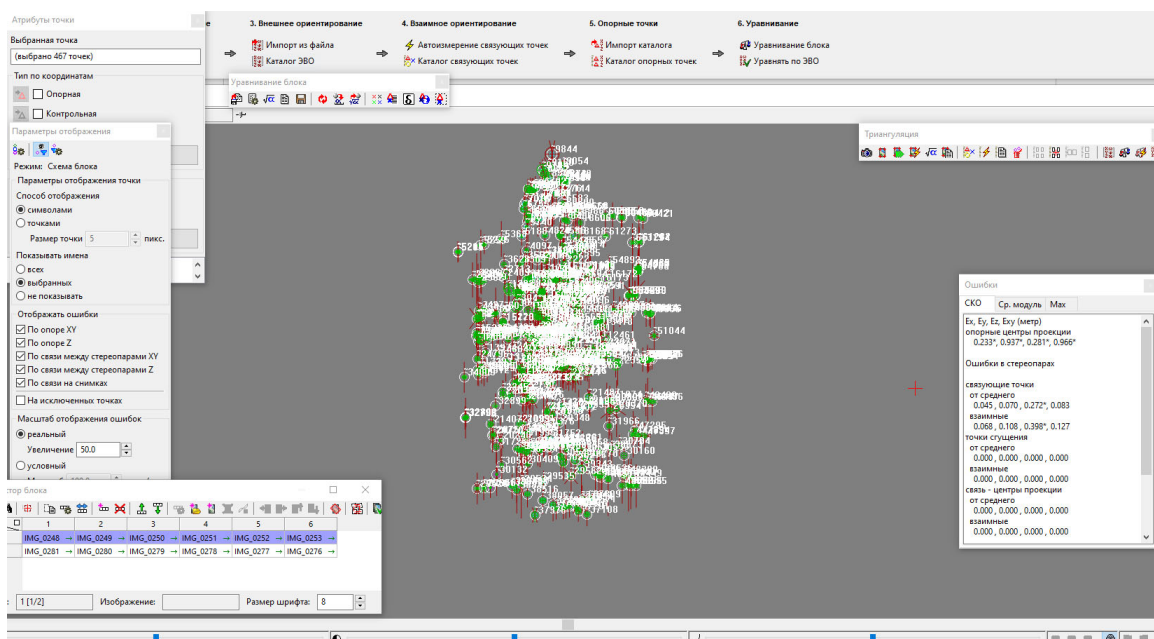


Рис. 36. Общий вид выделенных бракованных точек

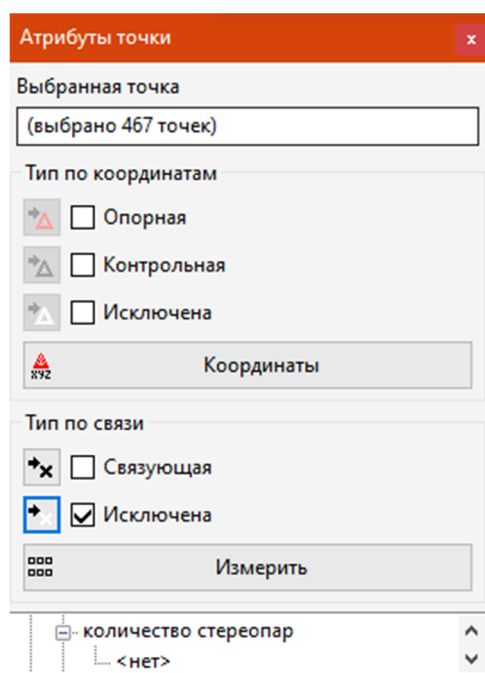


Рис. 37. Окно *Атрибуты точки*

Перейти в параметры уравнивания и установить *Использовать текущее решение*, рис. 38.

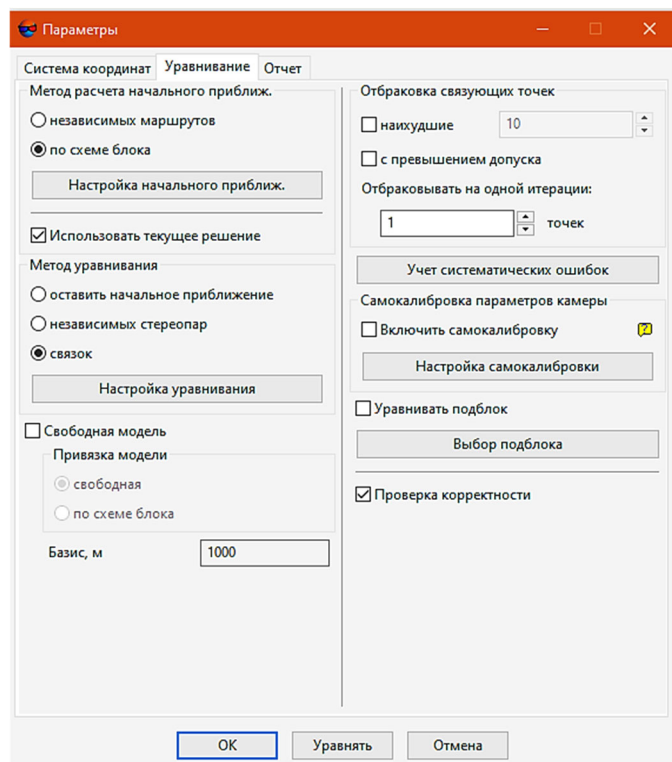


Рис. 38. Окно параметров уравнивания

Изменить установки фильтра для отображения центров, как на рис. 39.

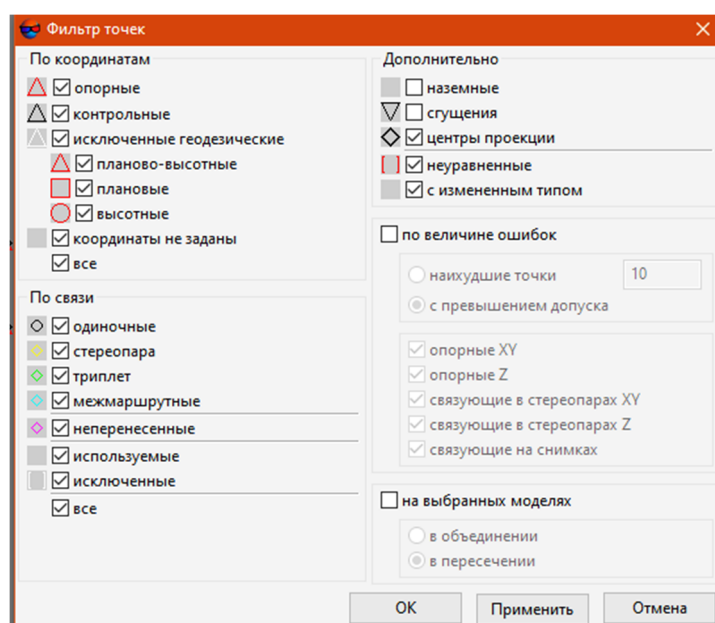


Рис. 39. Окно *Фильтр точек*

Учет систематических ошибок: *Параметры – Учет систематических ошибок – Общие на маршрут*, как на рис. 40.

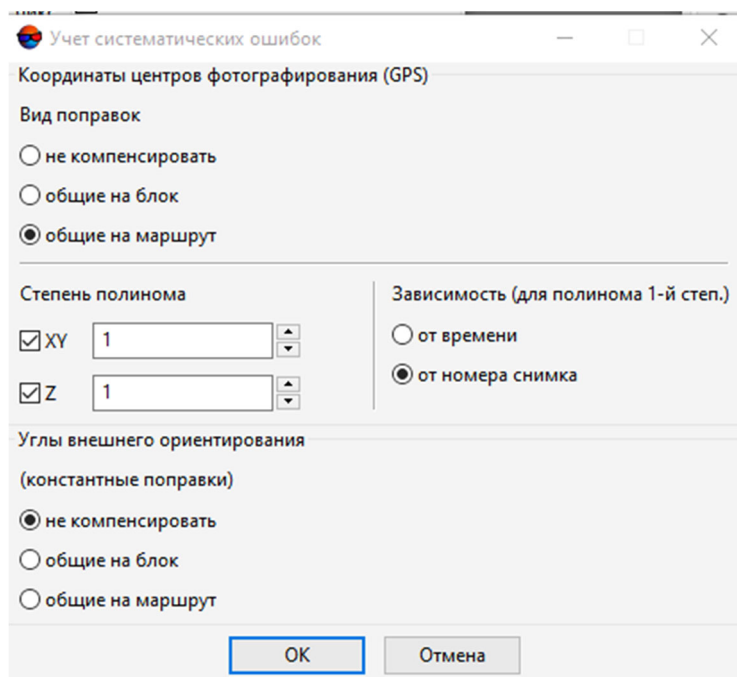


Рис. 40. Окно *Учет систематических ошибок*

Для уточнения параметров камеры в окне *Параметры – Включить самокалибровку* (отметить) – *Настройки самокалибровки – Смешанные* – включить все снимки, рис. 41 [1].

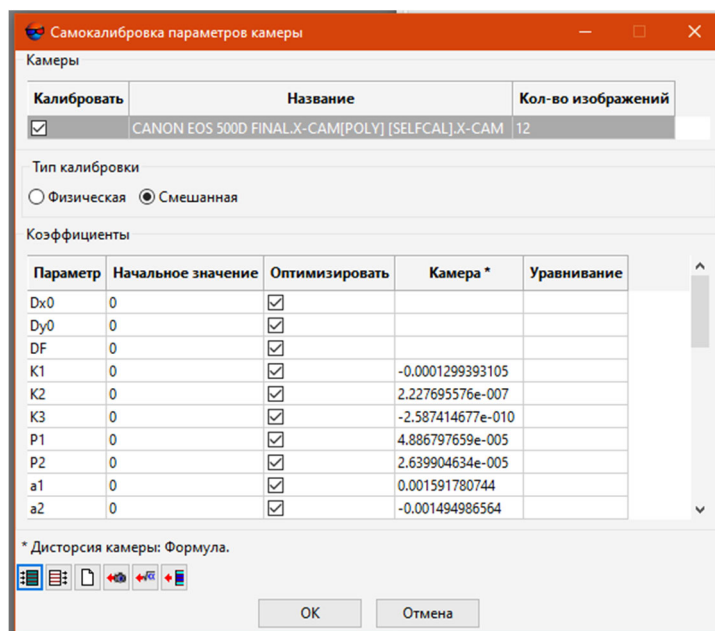


Рис. 41. Окно самокалибровки параметров камеры

Далее нажать клавишу *Уравнять*. Блок уравнивается.

После уравнивания нажать *Сохранить*.

Открыть *Управление камерами* и присвоить всем снимкам новую камеру (самокалиброванную), рис. 42.

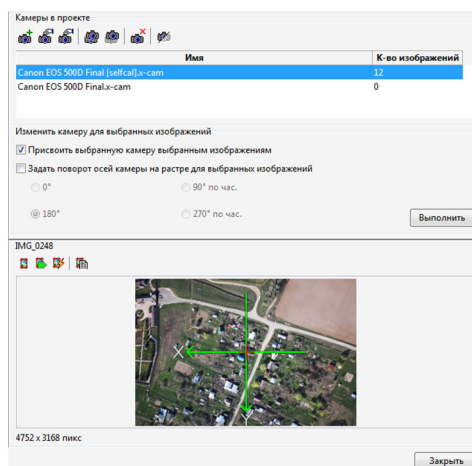


Рис. 42. Окно управления камерами

Синхронизируем проект (рис. 43).

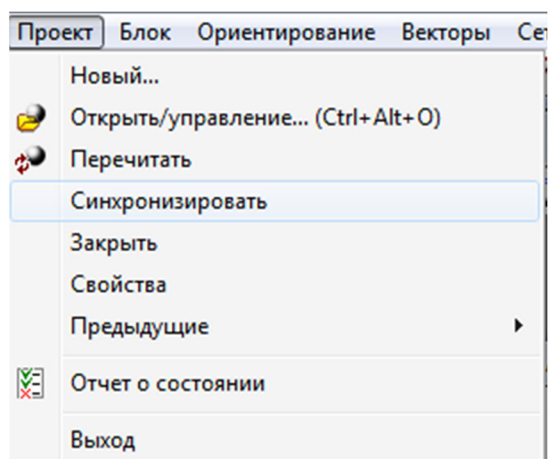


Рис. 43. Вкладка *Проект*

Переуравниваем проект (рис. 44).



Рис. 44. Окно *Уравнивание блока*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое внутреннее ориентирование?
2. Что такое внешнее ориентирование?
3. Что такое взаимное ориентирование?
4. Как выполняется идентификация опорных точек?
5. Что такое накидной монтаж?
6. Каково минимальное значение коэффициента корреляции?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе обучения по специальности 21.02.07 Аэрофотогеодезия (по программе подготовки специалистов среднего звена) будущими специалистами осваиваются современные технологии, используемые в аэрогеодезическом производстве, а также самые последние версии специализированных программ и геодезическое оборудование.

Данная практическая работа помогает закрепить полученный теоретический материал с использованием производственного материала, изучить и разобраться в технологии обработки аэроматериалов и ее алгоритме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краснопевцев Б. В. Фотограмметрия. – М. : УПП Репрография МИИГАиК, 2008. – 160 с.
2. Обиралов А. И., Лимонов А. Н., Гаврилова Л. А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. – М. : Колосс, 2006. – 335 с.
3. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов ГКИНП (ГНТА)–02-036-02. – М. : ЦНИИГАиК, 2004. – 48 с.

Учебное издание

Бабеева Елена Рудольфовна

Староста Наталья Петровна

**СОЗДАНИЕ И ОБРАБОТКА ПРОЕКТА
БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
НА ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЕ PHOTOMOD**

Редактор *О. В. Георгиевская*

Компьютерная верстка *Н. Ю. Леоновой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 06.04.2022. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 1,86. Тираж 44 экз. Заказ 52.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 8.