

Министерство образования и науки Российской Федерации

Московский государственный университет
геодезии и картографии (МИИГАиК)

Краснопевцев Б.В., Скрыпицына Т.Н.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по фотограмметрической обработке снимков на
цифровой фотограмметрической системе
PHOTOMOD5 Lite

Часть 1.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТА.
ПОСТРОЕНИЕ СЕТИ ФОТОТРИАНГУЛЯЦИИ

Для студентов **2 курса** специальностей
«картография» и «электронные топографические съёмки» и
для студентов **3 курса** специальностей
«аэрокосмические съёмки и фотограмметрия»,
«прикладная геодезия», «архитектура»,
«землеустройство и кадастры»,
«информационные системы и технологии»,
«информационное обеспечение
инфраструктуры пространственных данных».

Москва 2015

Краснопевцев Б.В., Скрипицына Т.Н. Методические указания по фотограмметрической обработке снимков на цифровой фотограмметрической системе PHOTOMOD5 Lite. Часть 1. Формирование проекта. Построение сети фототриангуляции. -М.: Издательство МИИГАиК, 2015 г. 75 с.

Методические указания составлены с целью помочь студентам освоить фотограмметрическую обработку снимков на цифровой фотограмметрической системе (ЦФС) PHOTOMOD5 Lite, являющейся сокращённым вариантом производственной ЦФС PHOTOMOD5.

В Методических указаниях, часть 1, рассказывается, как построена модульная структура ЦФС, поясняется, как сформировать свой проект путём копирования существующего проекта или созданием нового, а также как построить и уравнять сеть фототриангуляции.

В Методических указаниях, часть 2, которые будут подготовлены позже, будет пояснено как построить цифровую модель рельефа (ЦМР) и матрицу высот (МВ), смонтировать ортофотоплан, выполнить трассирование горизонталей, векторизовать контура с переносом их на карту.

Для студентов 2 курса специальности «картография» и «электронные топографические съёмки» и **для студентов 3 курса** специальностей «аэрокосмические съёмки и фотограмметрия», «прикладная геодезия», «архитектура», «землеустройство и кадастры», «информационные системы и технологии», «информационное обеспечение инфраструктуры пространственных данных».

Рецензенты: Курков В.М., к.т.н., доцент кафедры фотограмметрии
Московского государственного университета
геодезии и картографии (МИИГАиК).

Чекурин А.Д., коммерческий директор ЗАО «Ракурс».

© Московский государственный университет геодезии и картографии
(МИИГАиК)

Содержание

Введение.....	4
Принятые в тексте сокращения.....	5
Инструментарий.....	5
1. Блок-схема связей между модулями ЦФС PHOTOMOD5.....	8
2. Запуск программного комплекса ЦФС PHOTOMOD5 Lite.....	12
3. Установка параметров измерительной марки (маркёра).....	15
4. Копирование, закрытие и открытие проекта.....	16
5. Создание нового проекта.....	17
5.1. Формирование оболочки проекта.....	17
5.2. Формирование файла снимков.....	18
5.3. Монтирование накладного монтажа.....	21
5.3.1. Ввод условий монтирования накладного монтажа.....	21
5.3.2. Порядок монтирования накладного монтажа.....	23
5.4. Формирование файла опорной информации.....	25
5.5. Формирование файла фотокамер.....	27
6. Внутреннее ориентирование цифровых снимков и подготовка к внутреннему ориентированию аналоговых снимков.....	32
7. Внутреннее ориентирование аналоговых снимков.....	35
7.1. Внутреннее ориентирование в ручном режиме.....	36
7.2. Полуавтоматическое внутреннее ориентирование.....	39
7.3. Автоматическое внутреннее ориентирование.....	40
8. Измерение точек сети фототриангуляции.....	41
8.1. Рабочая площадь стереопары и стандартные зоны расположения связующих точек.....	42
8.2. Особенности работы коррелятора при наведении измерительной марки на точку.....	44
8.3. Измерения точек сети в автоматическом режиме.....	45
8.4. Измерения точек сети в ручном режиме.....	49
8.5. Измерения точек сети в стереорежиме.....	57
8.6. Измерения опорных и контрольных точек.....	60
8.6.1. Измерения опорных и контрольных точек в монорежиме.....	61
8.6.2. Измерения опорных и контрольных точек в стереорежиме.....	62
8.7. Внешнее ориентирование и уравнивание сети.....	63
Литература.....	70
Приложение. Технологическая схема стереофототопографической съёмки.....	71

Введение

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в освоении фотограмметрической обработки снимков на цифровой фотограмметрической системе (ЦФС) PHOTOMOD5 Lite, которая является сокращённым вариантом производственной ЦФС PHOTOMOD5.

В Интернете на сайте фирмы изготовителя ЗАО «Ракурс» по адресу www.rakurs.ru можно скопировать бесплатно следующий вариант ЦФС PHOTOMOD6 Lite, который имеет по оформлению непринципиальные отличия от PHOTOMOD5 Lite. Там же предлагаются демонстрационные проекты, по которым можно самостоятельно осваивать работу на этой ЦФС. Однако на лабораторных занятиях используются другие проекты.

К комплексу программ ЦФС PHOTOMOD5 Lite прикреплено «Руководство по работе на ЦФС», где дано полное описание порядка выполнения всех видов фотограмметрической обработки как кадровых снимков, полученных в центральной перспективной проекции, так и сканерных космических снимков. Руководство можно вывести на экран, нажав в Главном меню кнопку **Справка**.

В задачу данных методических указаний не входит помощь студентам в полном освоении возможностей ЦФС PHOTOMOD5 Lite, а только ознакомление с основными фотограмметрическими процессами обработки снимков.

Методические указания состоят из двух частей. **Часть 1** позволит студентам познакомиться с модульной структурой ЦФС, какие команды или процессы выполняются после нажатия той или иной клавиши, а также выполнить лабораторную работу **построение сети фототриангуляции**. Неясности, возникающие при выполнении лабораторной работы, поясняет преподаватель.

В Приложении представлена **Технологическая схема стереофотопографической съёмки**, чтобы студенты имели представление, какое место занимают фотограмметрические работы при создании карт и планов.

В **Части 2** будет изложено, как построить цифровую модель рельефа (ЦМР), матрицу высот (МВ), выполнить трассировку горизонталей и векторизацию контуров с переносом их на карту.

Принятые в тексте сокращения

Левая клавиша мышки: лкм. Координатная метка: км.

Проход к папке, где хранится нужный файл: ⇒.

Инструментарий

Клавиши **Ctrl+Alt+Буква** открывают следующие окна или модули:

Ctrl+Alt+A	- окно Автоматическое измерение связующих точек ;
Ctrl+Alt+B	- окно Редактор блока ;
Ctrl+Alt+C	- окно Маркёр ;
Ctrl+Alt+D	- окно Измерения ;
Ctrl+Alt+E	- окно Explorer ;
Ctrl+Alt+I	- окно Управление камерами ;
Ctrl+Alt+K	- модуль Измерение точек (АТ) ;
Ctrl+Alt+L	- окно Накидной монтаж ;
Ctrl+Alt+M	- модуль Мозаика ;
Ctrl+Alt+O	- окно Управление проектами ;
Ctrl+Alt+P	- окно Параметры ;
Ctrl+Alt+R	- окно Отчет по взаимному ориентированию ;
Ctrl+Alt+S	- модуль Уравнивание блока ;
Ctrl+Alt+T	- окно Точки триангуляции (Все точки триангуляции) ;
Ctrl+Alt+W	- окно 2D-окно (стереопара) .

В окне **Редактор блока** используются следующие сочетания клавиш:

Выделение всех изображений блока	- Ctrl+A .
Поиск изображения по имени (части имени)	- Ctrl+F .
Удаление выбранного маршрута	- Shift+Del .
Удаление выбранных изображений	- Del .
Добавление нового маршрута	- Shift+Ins .
Добавление изображений из файлов, размещенных вне ресурсов активного профиля	- Ins .

В **графических окнах системы**, реализованных на единой платформе, предусмотрены следующие сочетания клавиш:

Увеличение изображения	- клавиша * цифровой части клавиатуры, - клавиша = основной клавиатуры.
Уменьшение изображения	- клавиша / цифровой части клавиатуры, - клавиша - основной клавиатуры.

Перемещение измерительной марки по высоте вверх/вниз	- PgUp / PgDn.
Завершение векторизации объекта	- Enter (Ввод).
Регистрация наведения измерительной марки на точку	- Insert.
Удаление выделенного объекта	- Delete двойной.
Удаление выделенной точки	- Delete.
Установка масштаба 1:1	- Alt+1.
Настраиваемый масштаб	- Alt+2 до Alt+4.
Предыдущий масштаб	- Alt+0.
Переключение между двумя настраиваемыми масштабами	- Alt-5.
Показать содержимое окна полностью	- Alt+Enter.
Сдвиг содержимого окна на 0,9 размера окна	- Shift+стрелки.
Переместить выделенный объект по высоте	- Ctrl+колесо, Ctrl+PgUp, Ctrl+PgDn.
Переместить выделенную вершину	- Ctrl+лкм.
Переместить выделенные объектов в плане по 4 направлениям	- Ctrl+стрелки.
Переместить выделенные объекты в плане по 8 направлениям	- Ctrl+1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 (клавиши цифровой клавиатуры).
Переместить марку в плане по 4 направлениям	- Стрелки.
Переместить марку в плане по 8 направлениям	- клавиши 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 цифровой клавиатуры.
Отмена выделения	- Esc.

Функции буквенных клавиш

Захват (снапинг) вершины только в плане	- B.
Построить горизонтал и по TIN	- C.
Построить Матрицу высот по TIN, открыть слой с Матрицей высот	- D.
Включить/выключить видимость активного слоя	- H.
Создать новый слой, содержащий регулярную сетку	- G.
Захват (снапинг) линии в произвольной точке	- Shift+L.
Захват (снапинг) линии только в плане	- M.
Захват (снапинг) линии по 3-м координатам	- N.

- Открыть контекстное меню, содержащее варианты
создания нового слоя либо построения данных - **Ctrl+N.**
- Открыть контекстное меню, содержащее варианты загрузки слоя - **Ctrl+O.**
- Создать новый слой, содержащий векторные объекты,
привязанные к классификатору - **S.**
- Открыть слой TIN, построить TIN по пикетам и структурным линиям - **T.**
- Захват (снапинг) вершины по 3-м координатам - **V.**

Команды функциональных клавиш

- Вызов справочной информации о системе - **F1.**
- Подстройка по высоте, смещение марки в плоскость экрана - **F2.**
- Восстановить положение марки по высоте после нажатия **F2** - **F3.**
- Вкл/выкл режим «маркёр=мышь» - **F4.**
- Обновить содержимое окна - **F5.**
- Вкл/выкл режим «неподвижная марка» (смещаются снимки) - **F6.**
- Центрировать окно по марке - **F7.**
или клавиша / основной клавиатуры.
- Вкл/выкл стереорежим в 2D-окне - **F9.**
- Переключить прямой/обратный стереоэффект или
левый/правый снимки в монорежиме - **F11.**
- Показать/скрыть окно **Диспетчера слоев** и Навигационное окно - **Ctrl+F11.**
- Развернуть/свернуть **2D-окно** - **Ctrl+Shift+F11.**

1. Блок-схема связей между модулями ЦФС PHOTOMOD5

ЦФС PHOTOMOD5 (далее ЦФС) построены по модульному принципу и для выполнения определённого процесса используются только необходимые для этого модули. Блок-схема модульной структуры ЦФС показана на рис. 1. Под именами модулей указана информация, выходящая из них, а стрелками показано в какой модуль она поступает.

ЦФС состоит из основной оболочки **Core** (Ядро), 13 основных модулей, 7 служебных модулей и 4 отдельных программ.

Задачами основной оболочки **Core** являются: создание и управление проектом, формирование блока снимков, входящих в проект, регистрация и хранение параметров фотокамеры, с помощью которой были получены снимки, а также передача информации в другие модули.

К **основным модулям** относятся:

ScanCorrect восстанавливает геометрию построения изображения после его сканирования на нефотограмметрическом сканере;

Raster Converter преобразует растровые изображения во внутренний формат MS-TIFF и конвертирует их в другие форматы. Формат MS-TIFF представляет собой формат TIFF с набором прореженных копий изображения (построение пирамиды), что обеспечивает быструю смену изображений на экране.

Измерение точек (AT). В этом модуле измеряются точки сети фототриангуляции, строятся модели и контролируются их соединения;

Уравнивание сети. Модуль служит для построения свободной сети фототриангуляции, её внешнего ориентирования и уравнивания. Состоит из двух подмодулей: **Solver A** для кадровых снимков в центральной перспективной проекции и **Solver S** для сканерных снимков;

StereoDraw служит для векторизации объектов в стереорежиме;

StereoVectOr используется для создания и редактирования векторных карт с применением стереорежима и монорежима. При работе используется классификатор программы ГИС «Карта 2011» и созданные векторы сохраняются в формате этой программы;

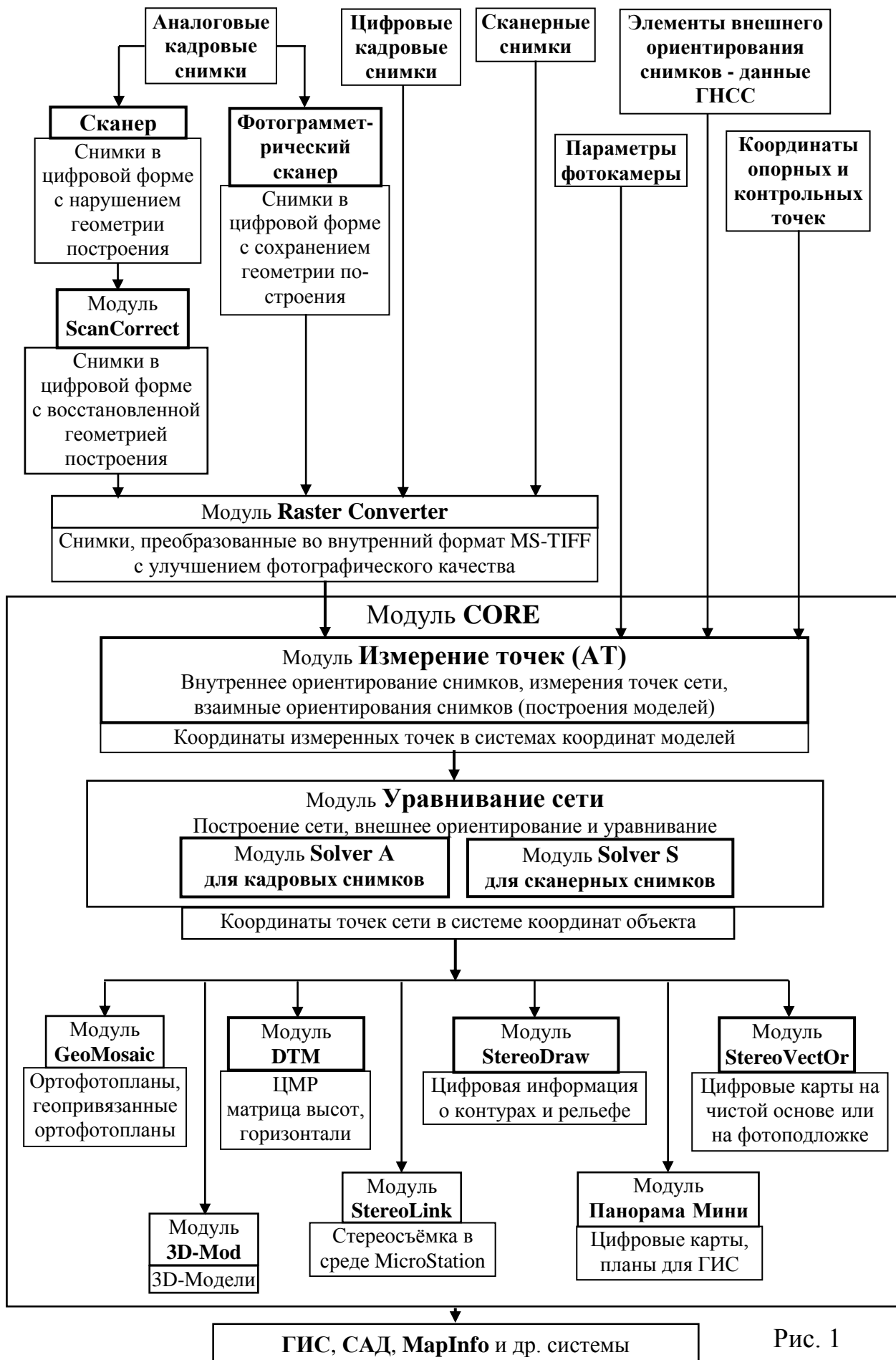


Рис. 1

DTM служит для создания цифровой модели рельефа (ЦМР) и матрицы высот (МВ), а также трассирования горизонталей;

3D-Mod используется для создания и редактирования трёхмерных (3D) моделей по векторным объектам, привязанным к классификатору;

StereoLink используется для стереосъёмки объектов в среде MicroStation;

GeoMosaic позволяет смонтировать ортофотоплан из геопривязанных ортофототрансформированных аэро- и космических снимков с корректурой геометрических и фотометрических искажений, а также разрезать ортофотоплан на листы картографической проекции;

«**Панорама Мини**» применяется в ГИС для создания, редактирования цифровых карт и планов, формирования запросов и отчётов для просмотра схем территориального планирования, градостроительного кадастра и других задач. Модуль работает под управлением программных продуктов КБ «Панорама».

В качестве **служебных модулей** используются: System Monitor, Control Panel, Explorer, ImageWizard, Редактор камер, Конвертер проектов PHOTOMOD4.x, Конструктор систем координат.

System Monitor служит для независимого запуска отдельных модулей путём нажатия **ПКМ** на бело-голубой значок, появляющийся в правом нижнем углу экрана в области уведомлений Windows после запуска ЦФС. При нажатии на этот значок появляется контекстное меню, содержащее имена модулей Mosaic, Explorer, Control Panel, Raster Converter, GeoMosaic и 3D-Mod.

Control Panel используется для управления размещением ресурсов системы и организации локальной или сетевой работы.

Explorer служит для редактирования ресурсов активного профиля.

ImageWizard применяется для коррекции и настройки изображений.

Редактор камер служит для записи в проект и редактирования параметров цифровой и аналоговой фотокамер.

Конвертер проектов PHOTOMOD4.x используется для импортирования проектов из версии 4 в версию 5.

Конструктор систем координат предназначен для редактирования су-

ществующей базы систем координат и создания новой системы координат.

Программы, включённые в базу системы, предназначены для работы с системами координат и геодезической привязкой.

GeoCalculator используется, когда нужно пересчитать геодезические координаты точек из одной системы координат в другую.

Вычисление 7 параметров позволяет рассчитать элементы ориентирования (масштабный коэффициент, три угловых элемента поворота и три линейных элемента перемещения) одной системы координат относительно другой.

Вычисление параметров проекции позволяет рассчитать неизвестные параметры проекции Гаусса-Крюгера.

Direct Georeferencing позволяет рассчитать точность измерения по снимкам координат точек на местности, используя параметры аэросъёмки.

2. Запуск программного комплекса ЦФС PHOTOMOD5 Lite

На экране монитора дважды нажать ярлычок с названием **PHOTOMOD5 Lite**. Появится основное окно ЦФС с **Инструментальной панелью** (далее в тексте **Главное меню**) (рис. 2).

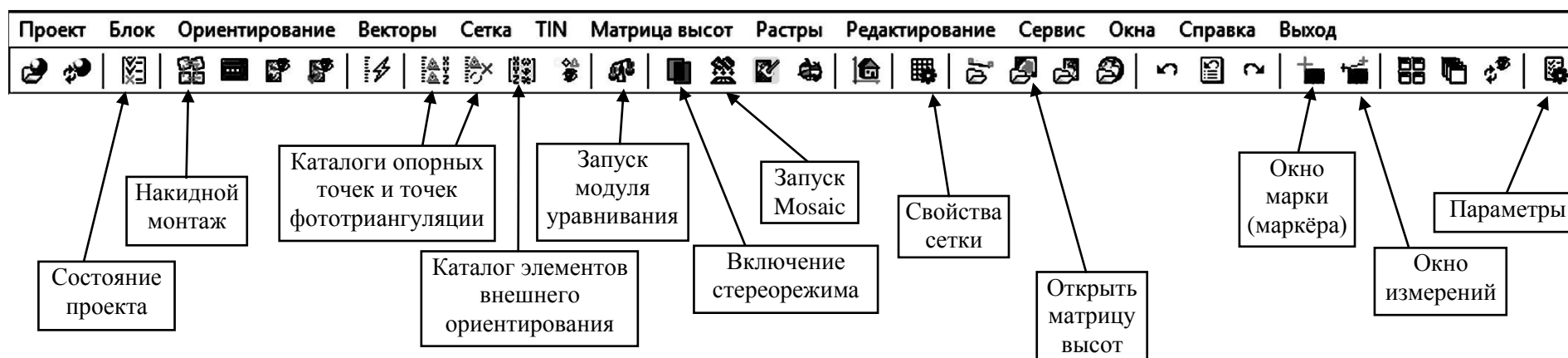


Рис. 2

Главное меню состоит из текстового и кнопочного меню. При нажатии на название процесса появляется контекстное меню, в котором выбирается имя нужной команды, и при нажатии на имя включается выполнение. В кнопочном меню дублируются наиболее значимые команды, что позволяет не терять время на их поиски в контекстных меню. При подведении стрелки к каждой кнопке появляется надпись, поясняющая какую команду можно включить в работу. В качестве помощи в освоении меню на рисунке указаны расположения кнопок, включающих наиболее важные команды. Например, кнопка **Состояние проекта** выводит на экран панель, где нажатием соответствующих кнопок можно посмотреть результаты выполнения трёх процессов ориентирования снимков и моделей.

По умолчанию на экран одновременно выводится **Информация** об ограничениях в **PHOTOMOD5 Lite** и как купить производственный вариант ЦФС **PHOTOMOD5**.

Ниже Главного меню расположены три рабочих окна (рис. 3). Слева

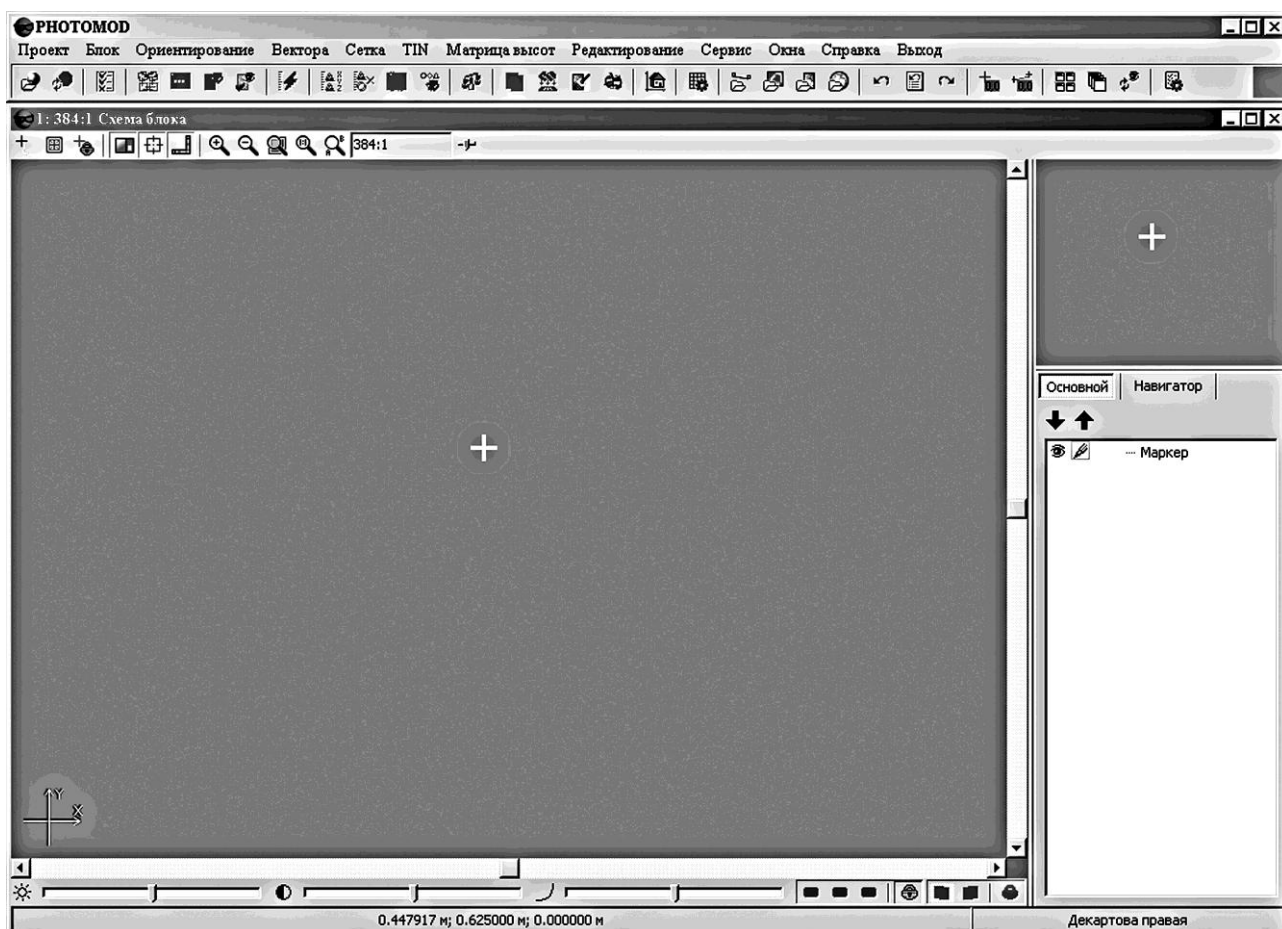


Рис. 3

большое **2D-окно**, в котором выполняется работа со снимками. Под снимками расположены три ползунка-регулятора изображения: яркость (слева), контрастность (посередине) и гамма (справа). Правей ползунков расположены кнопки регулировки цвета. Если нажать на кнопку с изображением замка, то загорятся три кнопки красного, зелёного и синего цветов. Нажав одну из этих кнопок, с помощью ползунков можно уменьшить/увеличить силу данного цвета. По окончании регулировки нажать кнопку с замком. Кнопки справа от кнопки с замком позволяют точно также выполнить регулировку для каждого снимка отдельно. Такие регулировки имеются почти на всех этапах обработки снимков. Ниже ползунков-регуляторов демонстрируются координаты положения марки.

Справа от **2D-окна** расположены два окна: вверху **Навигационное**, а внизу **Основное**. Чтобы включить в работу одно из этих окон нужно нажать кнопку с соответствующим названием. **Навигационное окно** дублирует **2D-**

окно и используется для быстрого перемещения в **2D-окне**. При наведении стрелки в **Навигационном окне** на нужный участок и нажатии **лкм** марка в **2D-окне** устанавливается на этот участок. В **Основном окне** указываются используемые слои, состав которых меняется на разных этапах обработки снимков. Между окнами расположены две синие стрелки, указывающие вверх и вниз. Они используются для перемещения в **Основном окне** названия выделенного слоя вверх или вниз.

У каждого слоя имеется **квадратик с плюсом**, при нажатии на который появляется список того, что в этом слое изображается в **2D-окне**: схема, точки триангуляции, вектора, линии ЦМР и т.д. Перед именем слоя стоит цветной квадратик. Двойным нажатием на него вызывается **палитра**, с помощью которой можно устанавливать цвета линий, точек и т.д., изображаемых в **2D-окне**. У каждого слоя имеется рисунок в виде **глаза**, нажатием на который в **2D-окне** можно отключить/включить изображения, соответствующие данному слою.

Правей глаза имеется квадратик. При наведении стрелки на него и нажатии **лкм** в квадратике устанавливается **карандаш**. Тем самым указывается, что этот слой можно редактировать. **Прежде чем начинать работу со слоем нужно поставить перед его названием карандаш.**

После ознакомления с основными окнами нажать **ОК**. Панель с **Информацией** исчезнет и появится окно **Управление проектами** (рис. 4), используемое как для работы с созданными проектами, так и для создания новых проектов. Дальнейшую работу студент выполняет в одном из двух вариантов:

- 1) **создание собственного проекта путём копирования существующего проекта,**
- 2) **создание нового проекта.**

Копирование существующего проекта студент выполняет на лабораторных занятиях с целью создания собственного (именного) проекта, в пределах которого им выполняются все виды фотограмметрической обработки снимков. Какой проект копировать указывает преподаватель.

Создание нового проекта студент выполняет, в основном, при написа-

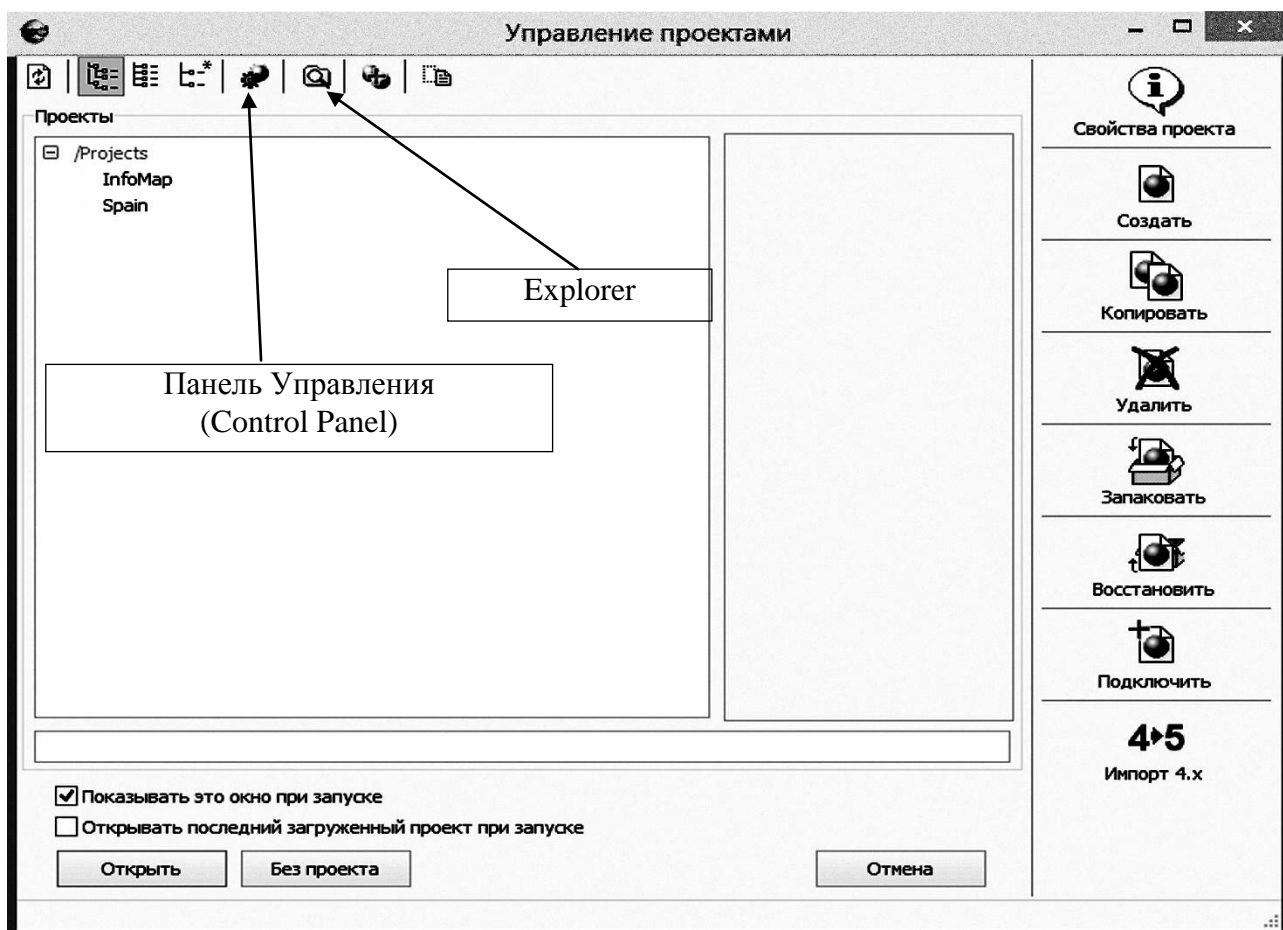



Рис. 4

нии выпускной квалификационной работы.

Пояснение. Для хранения студенческих проектов и связанных с ними рабочих файлов используется хранилище проектов, имеющее стандартное расположение *C:\PHOTOMOD5.VAR\Каталог проектов*.

3. Установка параметров измерительной марки (маркёра)

Для установки цвета, размера и формы измерительной марки (в комплексе программ называется **маркёр**) нажать Главное меню ⇒ Сервис ⇒ **Параметры** или можно использовать сочетание трёх клавиш (**Ctrl+Alt+P**). Появится список имён процессов, в котором вверху под словом **Окна** написано **Маркёр** (схема блока) и **Маркёр** (стереопара). Кроме того, в дальнейшем, в каждом процессе есть кнопка  (**Параметры маркёра**).

После нажатия кнопки, например, **Маркёр** (схема блока) в появившемся окне можно установить удобные для работы параметры марки. В окошке **Тип** после нажатия на треугольник появятся разные формы марки. После выбора

формы марки справа в окошке появляется её изображение. Наиболее удобная форма для измерений - это крест. В окнах **Ширина** и **Высота** можно установить размеры марки в пикселах (по умолчанию 21 пикс.).

После двойного нажатия на окно **Цвет** появляется палитра, в которой можно выбрать цвет марки. Цвет марки устанавливается в зависимости от цвета снимков. При измерении чёрно-белых снимков цвет марки лучше устанавливать жёлтый или светло-зелёный, т.к. эти цвета позволяют хорошо наблюдать марку на темных участках и не утомляют глаза. На светлых участках лучше использовать синий цвет.

4. Копирование, закрытие и открытие проекта

В **Управлении проектами** (см. рис. 4, с. 15) по указанию преподавателя выделить имя проекта и справа на инструментальной панели нажать кнопку **Копировать**. Появится окно **Копировать проект**.

Вверху в окне **Имя** слово копия удалить и, оставив имя проекта, записать название своего факультета, курса, группы, подгруппы и свою фамилию. Внизу в окне **Полный путь к проекту** автоматически повторится выполненная запись. Если копия проекта находится в одной виртуальной папке с оригиналом и предполагается её использование только на этом компьютере, то в копию записываются только исходные данные, а изображения не копируются.

Если предполагается использование проекта отдельно от оригинала, необходимо выбрать для копирования **Изображения**, пометив данный пункт «галочкой». Нажать кнопку **Ок**. Появится окно, в котором будет указано, что **Копирование проекта успешно завершено**. Нажать **Ок**.

В окне **Управление проектами** среди названий проектов студент увидит выделенное имя собственного проекта. Нажать кнопку **Открыть** и приступить к фотограмметрической обработке снимков с целью сбора различной цифровой и графической информации о сфотографированном объекте.

Чтобы **закрыть проект**, в **Главном меню** нажать кнопку **Проект** и в появившемся контекстном меню нажать кнопку **Закрыть**.

Чтобы **открыть свой проект для продолжения работы с ним**, в **Главном меню** нажать кнопку **Проект**. В появившемся контекстном меню нажать кнопку **Открыть/Управление**. Найти название своего проекта, нажать на него дважды и можно приступать к работе.

5. Создание нового проекта

5.1. Формирование оболочки проекта

Перед созданием проекта нужно включаемые в проект снимки ввести в компьютер, записав их в папку, которую поместить в легко находимую директорию. **Желательно исходные снимки не хранить в системных папках!!!**

Чтобы создать оболочку проекта необходимо:

- задать название проекта;
- выбрать систему координат;
- обозначить месторасположение проекта (выбор виртуальной папки с каталогом проектов).

Для **этого** в окне **Управление проектами** (см. рис. 4, с. 15) нажать кнопку **Создать**, расположенную справа на панели. Откроется окно **Новый проект**. Возможен другой вариант выхода на это окно. Если после работы с каким-то проектом была нажата кнопка **Главное меню** ⇒ **Проект** ⇒ **Заккрыть**, то нажать кнопку **Главное меню** ⇒ **Проект** ⇒ **Новый**, и откроется окно **Новый проект**.

В этом окне необходимо в графе **Имя** вписать название проекта, а в графу **Описание** вписать: характеристику территории, масштаб съёмки, фокусное расстояние фотокамеры, количество маршрутов и снимков в каждом маршруте, размер пикела, а также другие характеристики фотосъёмки.

В разделе **Тип** поставить точку слева от вида проекции, в которой были получены снимки: **Центральная проекция** или **Сканерная съёмка**.

Далее выбрать систему координат. В разделе **Система координат** нажать кнопку **Выбрать** ⇒ **Из БД** ⇒ **Российская**. В появившемся списке систем координат выбрать систему, в которой получены координаты опорных и контрольных точек и, следовательно, в этой системе координат будут получены

координаты измеренных в ходе работы точек. Нажать **Ок**.

Если имеются величины минимальной и максимальной высот в пределах сфотографированной территории, то слева от слов **Высота местности** поставить «галочку» и в окошках **min** и **max** записать эти высоты. Перепад высот используется при построении накидного монтажа, учитывается при импорте элементов внешнего ориентирования снимков, при пересчёте размера пиксела на местность, при автоматическом измерении связующих точек. Если таких данных нет, то этот раздел можно пока не заполнять.

В разделе **Размещение** будет записано имя виртуальной папки C:\PHOTOMOD5.VAR\Каталоги проектов, в которой будут храниться файлы с данными проекта. Имя виртуальной папки выделить и под надписью **Полный путь к проекту** будет указан путь к папке с материалами проекта. Нажать **Ок**. В результате произойдёт переход к следующему этапу создания проекта: **Формирование блока изображений**.

Если в дальнейшем нужно будет внести дополнения (изменения) в информацию о проекте, то это можно сделать **после создания проекта**. Для этого в окне **Управление проектами** (рис. 4, с. 15) нажать кнопку **Свойства проекта**. Появится окно, где вверху будет имя созданного проекта, а ниже можно внести нужные описания проекта.

5.2. Формирование файла снимков

После нажатия кнопки **Ок** в конце этапа **Создание проекта** открывается окно **Новый маршрут**, в котором по умолчанию имя маршрута задано как **Маршрут 1**. Его можно не менять, если номеровать маршруты сверху вниз. При двух маршрутах можно указать **верхний**, а потом **нижний**. При трёх маршрутах добавить ещё и **средний**. Задав номер маршрута, нажать **Ок**.

Примечание: *Если известны величины элементов внешнего ориентирования снимков, то после включения их в проект разбивка на маршруты происходит автоматически.*

Появится окно **Редактор блока** (рис. 5), в котором графически изображён **пустой Маршрут 1**. Меню этого окна состоит из кнопок с рисунками,

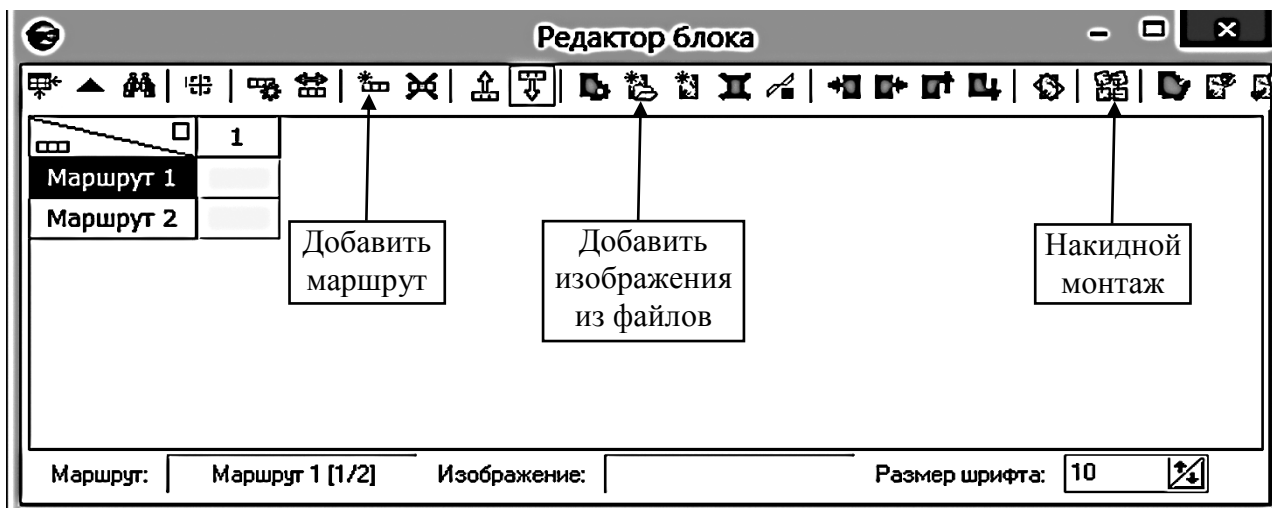


Рис. 5

иллюстрирующими вид процесса. При наведении стрелки на кнопку появляется надпись, поясняющая, что произойдёт после нажатия на неё.

Если в блоке снимков имеются два и более маршрутов, то нужно повторять нажатие кнопки **Добавить маршрут** согласно числу маршрутов.

Далее в каждый маршрут нужно вставить соответствующие ему снимки. В окне **Редактор блока** выделить **Маршрут 1** и нажать кнопку **Добавить изображения из файлов**. На вопрос **Создать папку Images?** для хранения растров в папке проектов нажать **Да**. Откроется окно **Добавление изображений**, состоящее из шести окон разной величины и назначения.





В левом окне **Папки** найти папку, в которую были записаны снимки при вводе в компьютер, и выделить её. Полный путь расположения папки будет записан в среднем верхнем окне **Файлы**. Здесь же имеется кнопка с тремя точками, при нажатии которой можно тоже найти эту папку. В результате таких действий в окне ниже появятся номера снимков с их размерами, типом и датой ввода в компьютер.

Нажав клавиши **Ctrl+лкм**, выделить номера снимков, принадлежащих **Маршруту 1**. Нажать кнопку (рис. 6) с рисунком плюс (**Добавить выделенные**



Рис. 6

в список), расположенную под окном. В окне ниже под именем **Список** появятся пути расположения файлов со снимками, принадлежащие маршруту 1.

Выделив строку с номером снимка, нажатием кнопки  включается просмотр снимка (изображение появляется в окне справа) с пирамидой, представляющей собой ряд изображений, расположенных друг над другом с уменьшением масштаба в 2, 4, 8, 16 раз. Если пирамида отсутствует, то изображение справа не появится. Тогда нажать кнопку  и построить для снимка пирамиду. Кнопка  включает просмотр снимка с коррекцией. Кнопка  выводит на экран окно **Радиометрическая коррекция**, в котором, используя кнопки меню, можно исправить соотношения яркости и контрастности, провести цветовую коррекцию. После проведения коррекции изображения и возврата в окно **Добавление изображений** в среднем окне в столбце **Коррекция** рядом с номером снимка будет стоять **плюс**.

После этого нужно в окне **Выходной формат** оставить параметры, установленные по умолчанию: **Формат файлов - MS-TIFF; Параметры коррекции - Сохранять отдельно; Разрядность - Авто; Сжатие - JPEG с качеством 90%; MegaTIFF - Авто; Геопривязка - Нет.**

В нижнем окне **Размещение выходных файлов** должен быть указан путь к **Выходной папке (Images, созданной ранее)**, где будут храниться снимки данного маршрута, подготовленные к обработке. С правой стороны, если путь к выходному файлу указан, поставить точку перед словом **Пропустить** и нажать **Преобразовать**. Будет происходить преобразование снимков по очереди.

На экране появится **Редактор блока**, где в строке **Маршрут 1** будут вписаны номера снимков, составляющих этот маршрут. Если их очередность расположения оказалась не соответствующей реальной, то, выделяя номера снимков и используя клавиши с зелёными стрелками (влево – вправо), переместить снимки и установить их в очередности получения во время съёмки.

Далее расставить номера снимков в следующих маршрутах, выделяя последовательно в окне **Редактор блока** маршруты и нажимая клавишу **Добавить изображения из файлов**. В результате будет сформирован файл изображений и снова появится **Редактор блока**, в меню которого нажать кноп-

ку  (Накидной монтаж).

5.3. Монтирование накидного монтажа

5.3.1. Ввод условий монтирования накидного монтажа

Накидной монтаж монтируется из оригинальных снимков путём укладки друг на друга в той последовательности, в которой они были получены, а также с учётом продольных и поперечных перекрытий так, чтобы изображения одинаковых точек объекта (местности) укладывались друг на друга. Достичь этого в идеале невозможно из-за разности элементов внешнего ориентирования снимков и рельефа местности. Последний фактор с увеличением перепада высот существенно осложняет построение накидного монтажа.

В ЦФС накидной монтаж позволяет не только визуально оценивать выполненную фотосъёмку. **Наличие накидного монтажа позволяет выполнить измерения связующих точек сети в автоматическом режиме**, что даёт преимущество при построении сети по большому количеству как снимков в маршрутах, так и маршрутов в блоке.

Окно **Накидной монтаж** (рис. 7) можно вызвать не только из **Редактора**

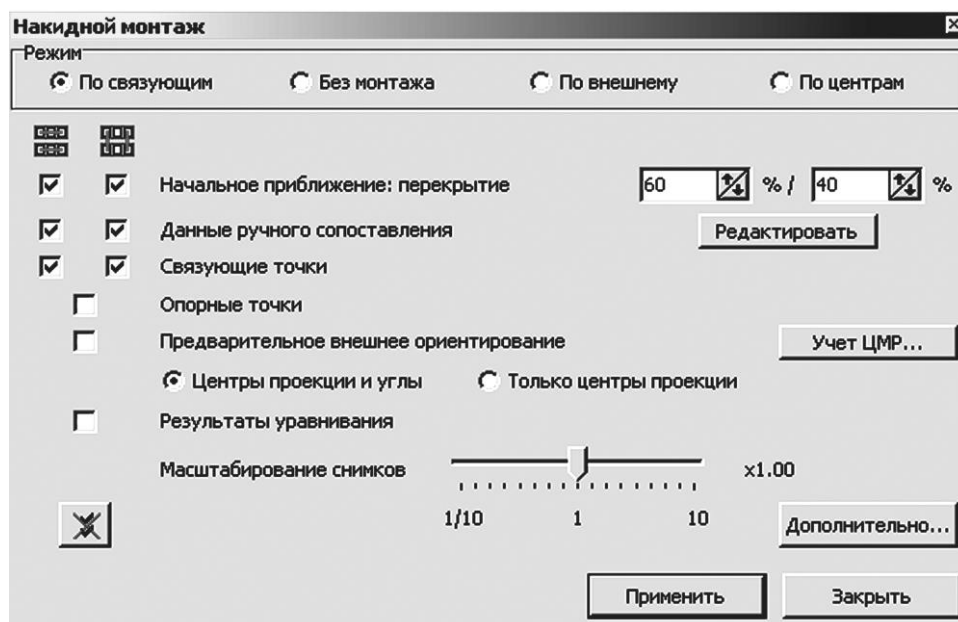


Рис. 7

блока, но и из **Главного меню**, нажав кнопку **Окно накидного монтажа** (см. рис. 2, с. 12). В окне **Накидной монтаж** указаны режимы и условия, необходи-

мые для монтирования накладки монтажа с разной степенью точности.

Режим **По связующим** позволяет смонтировать накладной монтаж по измерениям межмодельных и межмаршрутных связующих точек.

Режим **Без монтажа** отменяет выполненное монтирование и возвращает накладной монтаж к первичному виду, полученному после формирования блока изображений.

При режиме **По внешнему** монтирование накладного монтажа выполняется только по элементам внешнего ориентирования снимков, полученным от внешних источников.

Режим **По центрам** позволяет смонтировать накладной монтаж по координатам центров проекции снимков, полученным с беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Ниже раздела **Режим** путём установки галочек в окошках указываются данные, которые следует использовать при монтировании накладного монтажа. Левый столбец окошек касается внутримаршрутных связей, а правый – межмаршрутных связей.

В зависимости от использованных данных смонтированный накладной монтаж подразделяется на **первичный, приблизительный и окончательный**. Для его монтирования можно использовать следующие данные:

- величины **продольного и поперечного перекрытий** в процентах, что позволяет смонтировать **первичный** накладной монтаж;

- данные **ручного сопоставления** (приблизительного указания, но не измерения) одинаковых точек на соседних снимках. При этом достаточно указать по две точки на соседних снимках и по две точки на соседних маршрутах. В результате будет уточнён первичный накладной монтаж и смонтирован **приблизительный** накладной монтаж. С увеличением числа пар одинаковых точек точность монтирования накладного монтажа увеличивается. Нажатие кнопки **Редактировать** позволяет отредактировать данные ручного сопоставления;

- данные измерения **координат опорных точек** переводят накладной мон-

таж в систему координат сфотографированного объекта;


- **элементы внешнего ориентирования** снимков или только **координаты центров проекции**, импортированные из внешних источников, ускоряют монтирование накидного монтажа и способствуют выполнению предварительного внешнего ориентирования. Кнопка **Учёт ЦМР** выводит на экран панель определения размера пиксела на местности (GSD - Ground Sample Distance). Он может быть рассчитан вручную или автоматически по данным матрицы высот, которую предварительно создают по другим источникам (другим снимкам этой территории или по карте). Однако при монтировании накидного монтажа размер пиксела на местности используется только при наличии элементов внутреннего и внешнего ориентирования снимков;

- **результаты уравнивания сети** приводят накидной монтаж к **окончательному** виду.

Передвигая ползунок **Масштабирование снимков**, можно менять масштаб изображения снимков и соответственно их количество в 2D-окне при расположении снимков помаршрутно и без перекрытий.

После нажатия кнопки **Дополнительно** появляется панель с дополнительными установками, которые используют при нестандартном залёте, поэтому эти установки оставить по умолчанию.

5.3.2. Порядок монтирования накидного монтажа

В окне **Накидной монтаж** (рис. 7, с. 21) нажать расположенную внизу слева кнопку  **Отключить всё**, а затем **Применить**, что удалит все «галочки», которые были установлены, а также ранее созданный накидной монтаж. Нажать кнопку **Заккрыть**, чтобы закрыть окно **Накидной монтаж**. *(Если на экране остаётся окно **Редактор блока**, то закрыть и его.)*

Чтобы в 2D-окна установились все снимки, расположенные помаршрутно в меню 2D-окна нажать кнопку с лупой **Показать всё**. Для дальнейшей работы со снимками установить два верхних маршрута и первые три-четыре снимка в каждом из них (рис. 8), используя кнопки с лупой плюс или минус, а также пол-

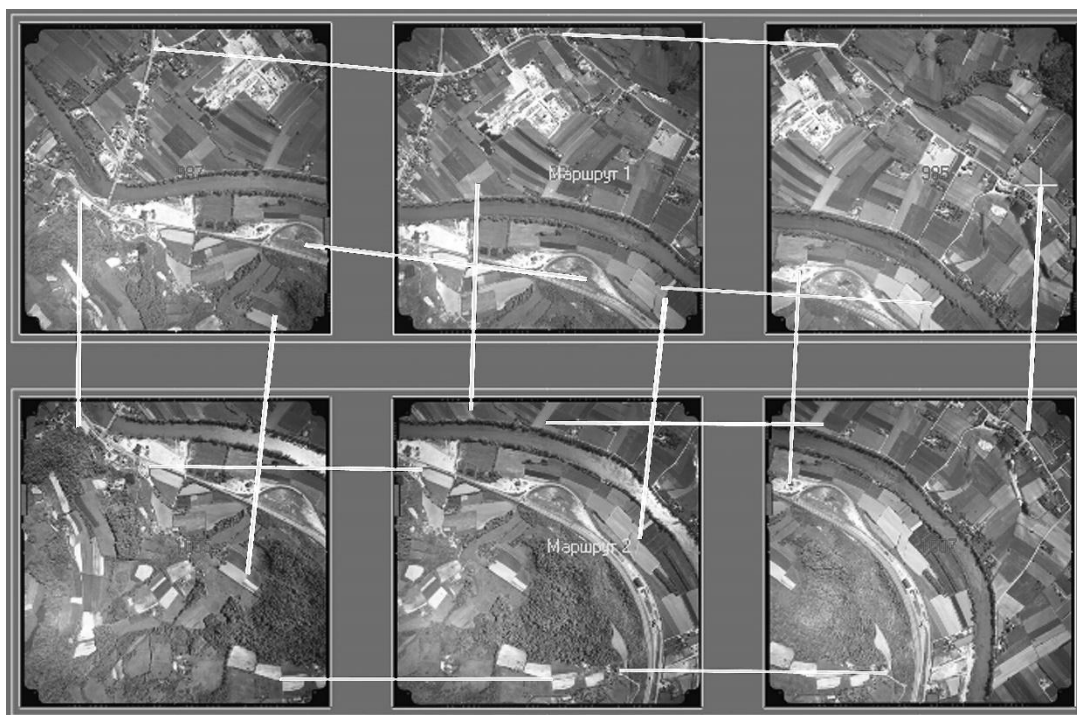


Рис. 8

зунки по краям 2D-окна.

В **Главном меню** нажать **Ориентирование** ⇒ **Данные ручного сопоставления** ⇒ **Редактировать**. На экране справа в **Диспетчере слоев** появится название слоя **Данные ручного сопоставления**, и впереди названия будет стоять изображение карандаша, что указывает на активность этого слоя и возможность его редактирования.

Далее нужно прочертить **линии связи** между одинаковыми контурами снимков в продольном и поперечном перекрытиях.

Порядок работы следующий. Выбрав контур на одном снимке, навести на него стрелку и нажать **лкм**. Измерительная марка встанет на этот контур. Зарегистрировать наведение, нажав клавишу **Insert**. Появится белый крест. Если появится желание сменить контур, то отменить регистрацию нажатием клавиши **Esc**. Переместить стрелку на соседний снимок, навести на такой же контур и нажать **лкм**. Марка встанет на этот контур, а между контурами протянется белая линия. Зарегистрировать наведение, нажав клавишу **Insert**. Оба контура соединятся линией бирюзового цвета (на рис. 8 они имеют белый цвет для печати в чёрно-белом изображении).

В случае обнаружения ошибки в опознавании одинаковых контуров **линию связи удаляют**. Для этого подводят к ней марку, двойным нажатием **лкм** изменяют цвет линии на жёлтый и нажимают клавишу **Delete**. Чтобы **удалить группу линий связи**, держат нажатыми клавиши **Shift+лкм** и перемещением мыши ограничивают область расположения удаляемых линий связи, а затем нажимают клавишу **Delete**. Для **удаления всех линий связи** нажать Главное меню ⇒ Ориентирование ⇒ Данные ручного сопоставления ⇒ **Очистить**.

Закончив проведение всех линий связи, нажать Главное меню ⇒ Ориентирование ⇒ Данные ручного сопоставления ⇒ **Сохранить**, что обеспечит сохранение линий связи после построения накидного монтажа и после окончания работы с ЦФС.

В **Главном меню** нажать кнопку **Накидной монтаж** (см. рис. 2, с. 12). Появится окно **Накидной монтаж** (см. рис. 7, с. 21). В этом окне поставить точку, если она не стоит, перед **По связующим**. Поставить «галочки» в обоих окошках перед надписями:

- **Начальное приближение: перекрытие** (проценты перекрытия оставить, если они не очень отличаются от реальных),
- **Данные ручного сопоставления,**
- **Связующие точки.**


Нажать кнопки **Применить** и **Заккрыть**. В результате будет смонтирован накидной монтаж. Окно **Накидной монтаж** закроется, и в 2D-окне будет виден смонтированный накидной монтаж. Чтобы он весь уместился в 2D-окне, в меню 2D-окна нажать кнопку с лупой **Показать всё**.




Теперь **накидной монтаж можно использовать при автоматическом измерении точек сети**, но прежде необходимо сформировать файл опорной информации и файл фотокамер.

5.4. Формирование файла опорной информации

При внешнем ориентировании и уравнивании сети фототриангуляции нужно иметь **координаты опорных и контрольных точек** и(или) **величины**

элементов внешнего ориентирования снимков (ЭВО), определенных в момент съёмки с помощью **Глобальной навигационной спутниковой системы** (ГНСС). Если ЭВО определены с точностью, необходимой для создания по снимкам конечной продукции, то можно не выполнять построение сети фототриангуляции. Если ЭВО определены с недостаточной точностью, то их величины используют в качестве приближённых значений. Соответственно, создаются два каталога: каталог опорных и контрольных точек и каталог ЭВО.

Для ввода координат опорных и контрольных точек в **Главном меню** нужно нажать на кнопку  (**Каталог опорных точек**, см. рис. 2, с. 12). Можно нажать Ориентирование \Rightarrow **Каталог опорных точек**. Откроется таблица **Точки триангуляции**, которая предназначена для заполнения координатами как опорных и контрольных точек (вверху таблицы слева указан **Каталог опорных точек**), так и измеренных точек сети (после нажатия **Все точки триангуляции**), которые будут вноситься в таблицу автоматически в ходе их измерения.


Для заполнения **Каталога опорных точек** нужно включить **Режим редактирования** нажатием кнопки  в кнопочном меню. Перед записью каждой точки нужно нажимать кнопку  (**Добавить точку**), а затем ввести номера и координаты точек, вводя в каждый столбец стрелку и нажимая лкм. В координатах точек целые отделяются **точкой**. Чтобы **Удалить точку**, нужно выделить её строку и нажать кнопку с рисунком красного цвета  .

Если имеются величины средних квадратических погрешностей (СКО), с которыми были определены координаты опорных (контрольных) точек, то их установить в соответствующих строках. Если этих величин нет, то поставить **0**.

Чтобы в столбце **Тип** записать, какая это точка: опорная или контрольная, в строке точки наводят стрелку на стоящее слово и нажимают лкм. Появляются указанные названия точек. Наводят стрелку на нужное слово и нажимают лкм. Слово становится в строку точки.

При необходимости исправить значение координаты на неё наводят стрелку и нажимают **лкм**. Координата выделяется и её можно корректировать. После внесения исправлений для их регистрации нужно нажать справа таблицы кнопку **Применить**. Для выхода из каталога нужно нажать кнопку **Ок**.

Созданный каталог можно экспортировать (кнопка **Экспорт**) для сохранения, например, в текстовом редакторе с расширением **txt**. Если имеются записанные в текстовой редакторе координаты опорных (контрольных) точек, то путём их импортирования (кнопка **Импорт**) можно заполнить каталог.

Каталог элементов внешнего ориентирования снимков заполняется аналогичным способом после нажатия в **Главном меню** кнопки  с изображением шести этих элементов (см. рис. 2, с. 12). Открыть каталог также можно, нажав Ориентирование ⇒ **Каталог элементов внешнего ориентирования**.

Примечание: Обычно ЭВО импортируют из текстового файла, который создаётся при обработке данных ГНСС. Важно, чтобы номера центров проекции снимков совпадали с номерами снимков. В противном случае, не найдя для ЭВО соответствующих снимков, программа не произведёт импорта.

5.5. Формирование файла фотокамер

В **Главном меню** нажать Ориентирование ⇒ **Управление камерами**. Появится окно **Управление камерами проекта** (рис. 9). Слева в окне **Изображения проекта** в четырёх колонках представлены:

- **Имя** - номера снимков помаршрутно,
- **Вн. Ор.** – отмечается выполнение **Внутреннего ориентирования**,
- **Камера** - имя фотокамеры,
- **Ориентация осей** - ориентация координатных осей **x** и **y** на снимках.

Справа вверху окно **Камеры в проекте** служит для создания списка фотокамер, записи и редактирования их параметров. Справа внизу окно предназначено для выполнения **Внутреннего ориентирования** снимков.

Если заранее известно, что в другом проекте задействована такая же фотокамера, то её параметры можно импортировать и не выполнять указанные

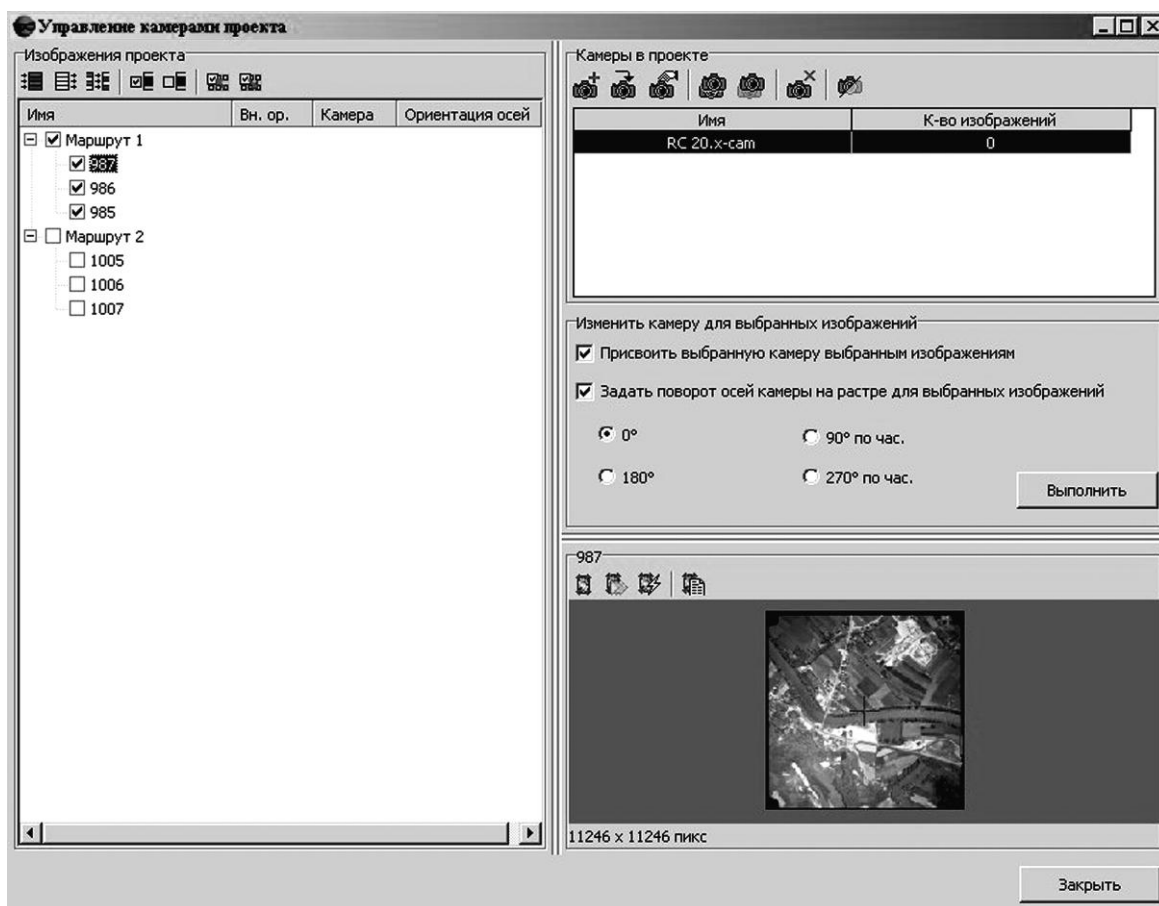



Рис. 9

ниже действия. Для этого нажать на кнопку **Импортировать камеру из другого проекта**, далее выбрать хранилище, нужный проект, зайти в папку **Cameras**, выделить нужную фотокамеру и нажать **Открыть**.

Для установки параметров фотокамеры в меню окна **Камеры в проекте** нажать кнопку  (**Создать камеру**). Откроется окно **Камера**, где указать **Тип камеры** - **Цифровая** (рис. 10) или **Аналоговая** (рис. 11), а также имя фотокамеры в окне **Камера**. Начальные установки этих камер разные, а потом одинаковые. С учётом этого далее даётся описание ввода установочных данных: вначале для цифровой фотокамеры, а потом для аналоговой фотокамеры.

Для **Цифровой** фотокамеры (рис. 10) указать (поставить точку), где расположено **Начало координат** - **В центре снимка** или **В нижнем левом углу**. Указать **размеры пиксела** в микрометрах (мкм) вдоль осей *x* и *y*. **Размеры сенсора** в пикселах не являются обязательными, но наличие их служит контролем правильности ориентации координатных осей на снимках.

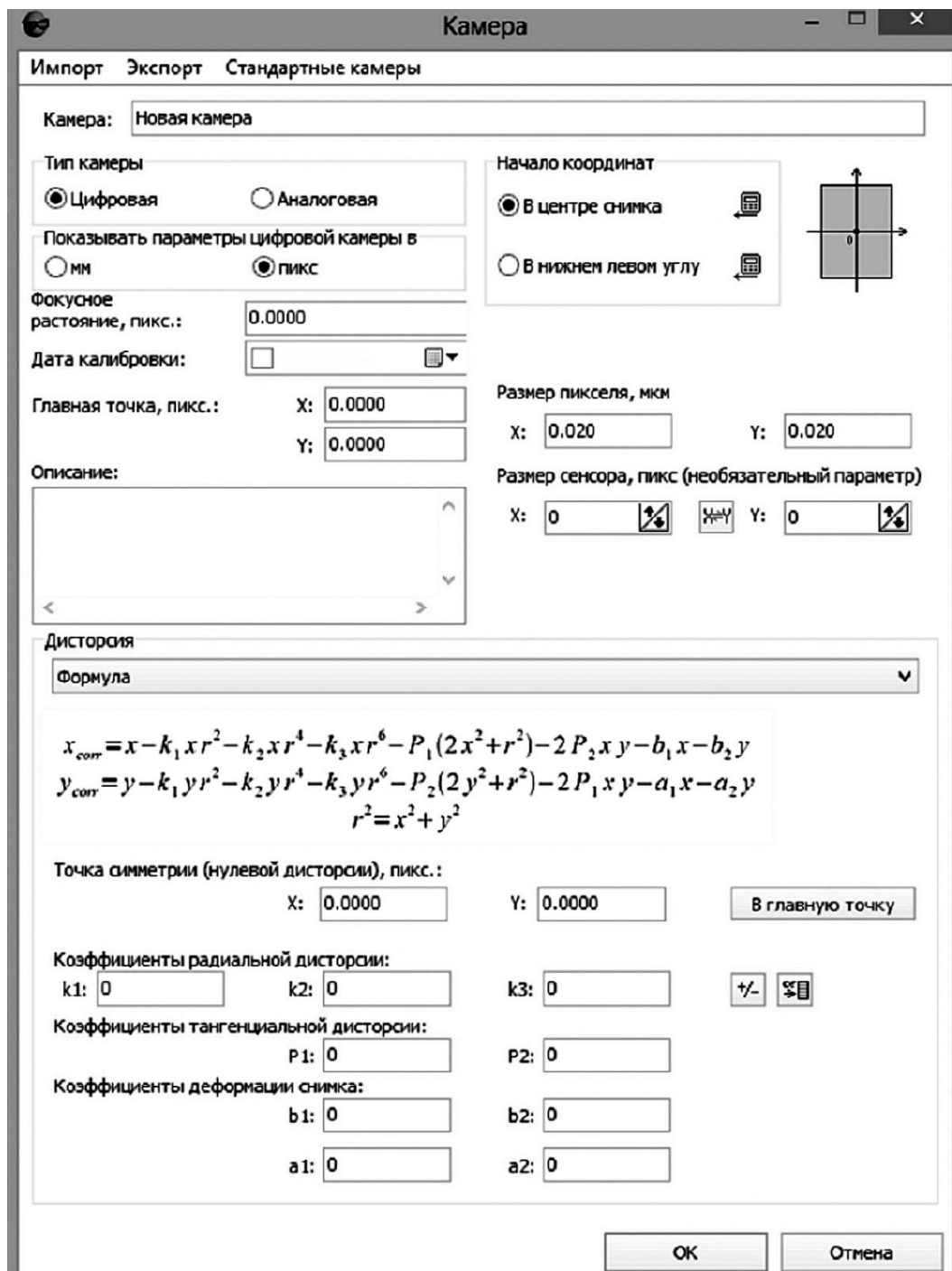


Рис. 10

Если съёмка была выполнена цифровой фотокамеры **DMC**, то в текстовом меню нажать **Стандартные камеры**. Появится имя цифровой фотокамеры **DMC**. Нажать на него и все параметры этой фотокамеры будут введены. Если данные калибровки фотокамеры отличаются от введённых величин, то произвести корректуру.

Для **Аналоговой** фотокамеры (рис. 11) ввести **Информацию о метках**. В окне **Координаты меток** нажать на «галочку» появятся надписи: **Только**

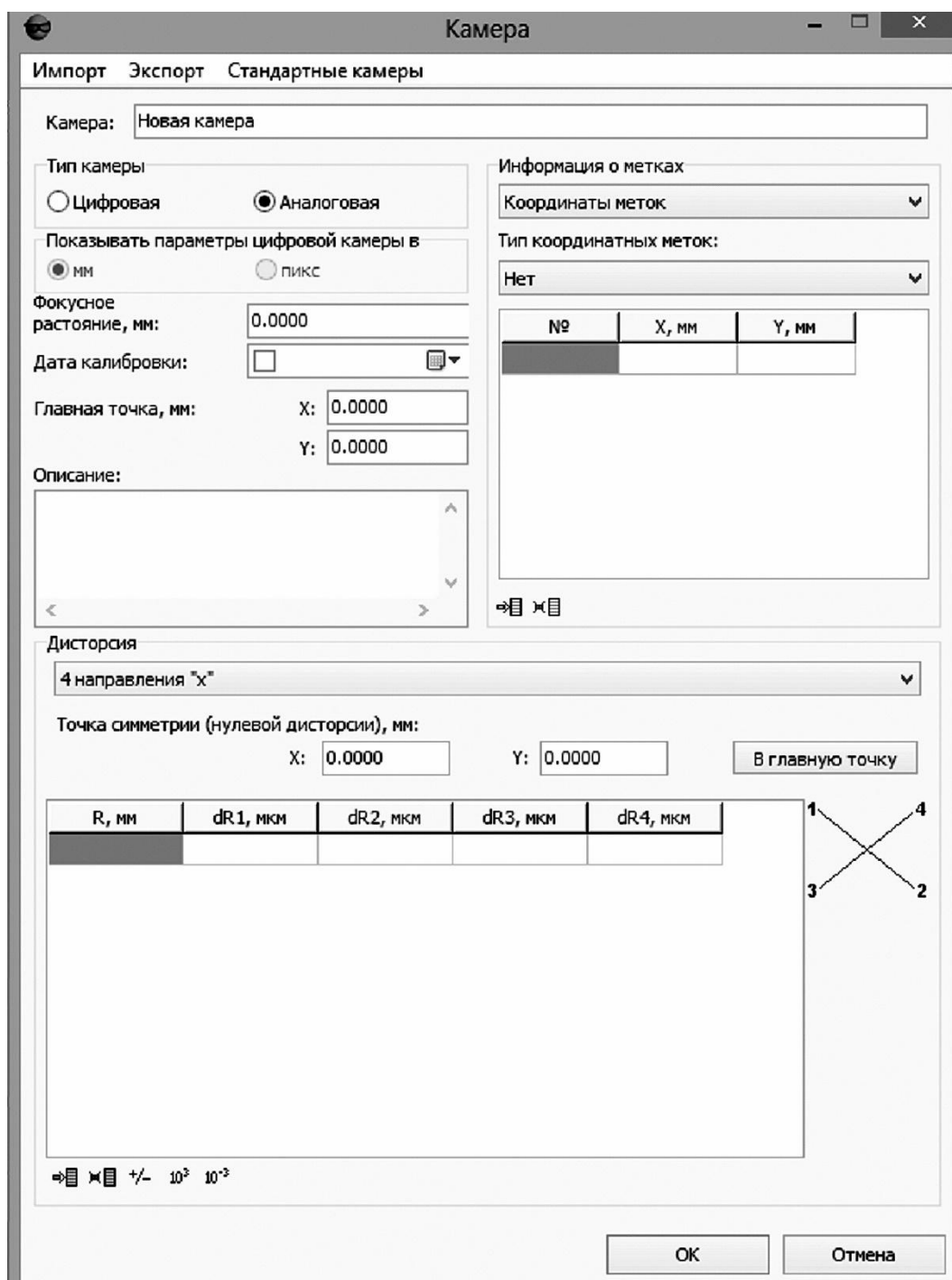


Рис. 11

главная точка, Координатные метки, Калиброванные расстояния, Координаты меток. Если известны только **координаты главной точки**, то нажать на первую надпись и слева записать координаты этой точки. Надпись **Координатные метки** является общим названием для ниже расположенных двух параметров. После нажатия на каждую из них ниже появляются таблицы, в которые нужно записать либо расстояния между метками вдоль осей x и y , либо координаты координатных меток.

В окне **Тип координатных меток** нажать на «галочку». Появится список фотокамер: **RC 20, RC 30, LMK**, параметры которых занесены в программу. Если снимки получены с помощью одной из этих фотокамер, то указать её имя. **Это позволит выполнить внутреннее ориентирование снимков автоматическим способом.** Если снимки получены с помощью фотокамеры, имя которой отсутствует в списке, то установить **Нет**.

Далее для **обоих типов фотокамер** в разделе **Показывать параметры камеры в** (слово **цифровой** – лишнее) указать (поставить точку) единицы измерения: **миллиметры (мм)** или **пикселы (пикс)**. Записать величину **фокусного расстояния** в указанной единице измерения. Если в паспорте фотокамеры есть дата её калибровки, то поставить эту дату в окне **Дата калибровки**, а перед ней - «галочку». Если даты калибровки в паспорте нет, то «галочку» не ставить. Рядом есть календарь по месяцам в качестве сервиса. Окно **Описание** заполнять необязательно.

В окне **Дисторсия** нажать на «галочку». Появится список способов учёта дисторсии **объектива фотокамеры**. Если данных о ней отсутствуют, поставить **Нет**. Если данные о радиальной дисторсии имеются, то с учётом того, какой способ её учёта указан в паспорте фотокамеры, поставить **Формула** или **Радиальная**. Если калибровка выполнялась **с использованием формул** (см. рис. 10, с. 29), то выписать из паспорта фотокамеры значения коэффициентов, а также координаты точки симметрии (в этой точке дисторсия отсутствует). Если координат этой точки нет, то справа нажать кнопку **В главную точку**, и в окнах **x** и **y** появятся координаты главной точки, указанные выше. Если дисторсия определялась **по радиусам** (см. рис. 11, с. 30), то указать количество направлений и их расположение на снимке: **4 направления** вдоль осей **x** и **y**; **4 направления** по диагоналям; **8 направлений** вдоль осей и диагоналей.

Для сохранности информации о фотокамере лучше записать её в файл. Для этого нажать кнопку **Экспорт** (см. рис. 10 или 11), появится окно **Сохранить камеру**, где внизу будет записано имя файла. Выбрать папку для хранения

ния файла и нажать кнопку **Сохранить**.

Нажать **Ок**. Появится окно **Управление камерами проекта** (см. рис. 9, с. 28), где в окне **Камеры в проекте** будет указано имя фотокамеры.

Далее нужно каждому снимку присвоить имя фотокамеры, с помощью которой он был получен. Это предусмотрено на тот случай, когда съёмка была произведена спаренными фотокамерами или в каждом маршруте были использованы разные фотокамеры.

6. Внутреннее ориентирование цифровых снимков и подготовка к внутреннему ориентированию аналоговых снимков

В задачу внутреннего ориентирования снимка входит восстановление связи проектирующих лучей, существовавшей в момент открытия затвора фотокамеры, а с математической точки зрения в преобразовании координат точек снимка в пространственную систему координат с началом в центре проекции снимка. Одновременно вводятся поправки, учитывающие дисторсию объектива фотокамеры и деформацию изображения.

Методика выполнения внутреннего ориентирования цифровых и аналоговых снимков различна из-за разности их построения. У **цифровых снимков** каждая точка-пиксел имеет координаты в системе координат фотокамеры: x , y , $-f$, и снимки вводят в компьютер напрямую. Необходимо только пересчитать координаты точек снимка из системы координат фотокамеры в пространственную систему координат с началом в центре проекции снимка

Аналоговые снимки нельзя напрямую ввести в компьютер, т.к. они фиксируются на фотоплёнке. Их нужно преобразовать в цифровую форму на сканере, который имеет свою координатную систему. Кроме того, снимки фиксируются на фотоплёнке одновременно с прикладной рамкой фотокамеры, имеющей координатные метки, задающие на снимке положение координатных осей x и y . Поэтому внутреннее ориентирование аналоговых снимков представляет собой многоступенчатый процесс, заключающийся в преобразованиях координат точек-пикселей снимка из системы координат сканера в систему коор-

динат фотокамеры, а затем в пространственную систему координат с началом в центре проекции снимка.

Также в задачу внутреннего ориентирования входит введение поправок в положения точек, учитывающих **дисторсию объектива фотокамеры** и **деформацию изображения**.

Подготовка к выполнению внутреннего ориентирования для цифровых и аналоговых снимков выполняется одинаково и состоит в следующем.

Прежде всего, необходимо установить **допустимую погрешность выполнения внутреннего ориентирования**. В **Управлении камерами проекта** в правом нижнем окне нажать кнопку **Отчёт по внутреннему ориентированию**. В появившемся окне отчёта вверху нажать надпись синего цвета **Изменить параметры отчёта**. Появится окно, в котором вверху две кнопки **Основные параметры** и **Дополнительно**. В окне **Основные параметры** поставить точки перед **По всем снимкам**, **пикс.** или **мм** и **max. Допуск** на выполнение внутреннего ориентирования можно установить в пикселах или соответствующую величину в миллиметрах, но проще оценивать в пикселах: четверть пиксела, полпиксела или пиксел, в зависимости от размера пиксела в миллиметрах. Справа задаётся среднее квадратическое, среднее или максимальное отклонение. Если в окне **Допуск** поставить один пиксел, а перед словом **max** точку, то это будет означать, что максимальная погрешность измерения не должна превышать один пиксел.

В окне **Дополнительно** установки оставить по умолчанию. Здесь можно установить формат записи ошибок с фиксированной запятой или в экспоненциальном формате. Что касается раздела **Точность**, то здесь задаётся до какого разряда показывать погрешности: **нормальная** - до третьего знака после запятой, **повышенная** - до шестого разряда, **максимальная** - до семнадцатого разряда. Нажать **Ок**, а затем в окне **Отчёт** нажать кнопку **Заккрыть**.

Появится окно **Управление камерами проекта**, где слева, под надписью **Изображения проекта**, в помаршрутном списке снимков нужно поставить «га-

лочки» перед снимками (достаточно поставить «галочку» перед номером маршрута), полученными одной и той же фотокамерой. Фотокамеру выбрать (выделить) справа под надписью **Камеры в проекте**, в списке фотокамер. Её имя появится слева в колонке **Камера**.

В колонке **Ориентация осей** поставить угол 0 или 180^0 . Это связано со следующим фактором. При аэросъёмке параллельными маршрутами при заходе на следующий маршрут **фотокамеру нужно повернуть на 180^0** по сравнению с её положением на предыдущем маршруте. Это делается для того, чтобы на всех снимках сохранить неизменным положение системы координат фотокамеры относительно системы координат местности.

Если при аэросъёмке развороты фотокамеры не выполнялись, то на каждом следующем маршруте по отношению к предыдущему запись параметров фотокамеры нужно выполнить с разворотом на 180^0 . Поэтому перед обработкой снимков нужно сравнить снимки из соседних маршрутов. Если прикладная рамка меняет своё положение относительно местности, то фотокамеру не разворачивали. Это приводит к тому, что при выполнении внутреннего ориентирования снимков каждого маршрута нужно учитывать положение прикладной рамки относительно местности. Для этого нужно перед номерами маршрутов, где имеет место одинаковая ориентация осей координат фотокамеры, поставить «галочки». При этом «галочки» появятся перед всеми снимками, составляющими данный маршрут.

Под надписью **Изменить камеру для выбранных изображений** поставить «галочки» перед **Присвоить выбранную камеру выбранным изображениям** и **Задать поворот осей камеры на растре для выбранных изображений**. В результате активируются цифры, расположенные ниже и показывающие углы поворота. Поставить точку перед углом 0^0 или 180^0 . Нажать кнопку **Выполнить**. Появится окно, в котором подтверждается выполнение. Нажать **Ок**. В результате против номера каждого снимка в столбце **Камера** появится имя фотокамеры, а в столбце **Ориентация осей** - угол 0^0 или 180^0 .

Таков порядок работы в общем виде. Для каждого конкретного случая не трудно сообразить, что и как делать. На этом заканчивается **подготовительный период для аналоговых снимков**.

Для **цифровых снимков**, после нажатия кнопки **Выполнить**, в левом окне против каждого номера снимка в столбце **Вн. ор.** появятся крестики, свидетельствующие, что **вычисления внутреннего ориентирования этих снимков выполнено**.

Справа внизу, над окном со снимком нажать кнопку **Отчёт по внутреннему ориентированию**. Появится окно, где в таблицах помаршрутно показаны максимальные погрешности, которые не должны превышать размера пиксела, с которым были получены снимки. Номера маршрутов и снимков подчёркнуты. Это означает, что при нажатии на номер можно посмотреть подробную информацию о выполненных измерениях. Жёлтым цветом закрашиваются маршруты, у которых внутреннее ориентирование выполнено не у всех снимков, и снимки, у которых не все координатные метки измерены. Красным цветом закрашиваются маршруты, у которых внутреннее ориентирование не выполнено у всех снимков, и снимки, у которых все координатные метки не измерены. В этом случае нужно проверить правильность выполнения указанных выше действий.

Отчёт о выполнении внутреннего ориентирования у всех снимков можно сохранить в ресурс проекта, нажав в меню этого окна кнопку **Сохранить в ресурс**, или сохранить в файле, нажав соседнюю кнопку **Сохранить в файле** и указав имя файла и папку, в которой он будет храниться.

Если по всем снимкам полученные результаты в допуске, то нажать кнопку **Заккрыть**. На этом **внутреннее ориентирование цифровых снимков считается законченным**. С целью удаления лишних результатов ориентирования и избежания программных сбоев рекомендуется нажать Главное меню ⇒ Проект ⇒ **Синхронизировать**, а затем **Ок**.

7. Внутреннее ориентирование аналоговых снимков

После того, как в окне **Управление камерами проекта** (см. рис. 9, с. 28)

были выполнены установки, описанные в предыдущем параграфе, можно приступать к выполнению внутреннего ориентирования аналоговых снимков. В окне **Изображения проекта** выделить **номер** первого снимка первого маршрута. Для этого подвести стрелку к номеру и нажать **лкм**. Номер закрасится синим цветом, а справа внизу появится изображение этого снимка и его номер. Над снимком расположены четыре кнопки: 1. **Выполнить внутреннее ориентирование**, 2. **Полуавтоматическое внутреннее ориентирование**, 3. **Автоматическое внутреннее ориентирование**, 4. **Отчёт по внутреннему ориентированию**.

7.1. Внутреннее ориентирование в ручном режиме

Кнопка **Выполнить внутреннее ориентирование** включает выполнение внутреннего ориентирования в ручном режиме. После её нажатия на экране появляется окно, слева вверху которого указан номер снимка, имя проекта и имя процесса - **Внутреннее ориентирование**. Ниже два окна: слева изображение снимка, а справа участок снимка, где расположена измерительная марка (маркёр), в увеличенном масштабе.

Над снимком расположено **Кнопочное меню**. Назначение кнопок понятно по рисунку на каждой из них. Кроме того, при наведении стрелки на кнопку всплывает пояснительная надпись. Т.к. нужно измерить координатные метки, места их расположения (в углах снимка или посередине сторон кадра) должны быть видны. Если снимок целиком не укладывается в окне, то нажать кнопку с лупой **Показать всё**.

Под снимком слева под надписью **Информация об изображении** приводится номер снимка и его размеры в пикселах. Ниже дана информация о фотокамере. Посередине располагается таблица с номерами и координатами координатных меток в миллиметрах, а также результаты их измерений в пикселах и полученные расхождения в миллиметрах.

Справа приводятся координаты положения измерительной марки в пикселах и миллиметрах. Между ними расположены две кнопки: **Измерить метку**,

т.е. зарегистрировать измерение **км**, и **Удалить измерение**. Ниже под надписью **Тип преобразования** в окне написано **Аффинное**. Если нажать на кнопку с треугольником, то появятся названия трёх способов преобразования координат: 1) **Поворот, масштаб, сдвиг**, 2) **Аффинное**, 3) **Проективное**. В первом способе производятся последовательные преобразования: установка двух систем координат в параллельное положение, приведение к одному масштабу и установка начала отсчёта координат в центре проекции снимка. Во втором способе эти процессы выполняются одновременно, и он широко применяется, поэтому на кнопке он предлагается сразу. В третьем способе применяются проективные преобразования, и он используется при обработке, например, архивных снимков, когда нет достоверных данных о фотокамере и методике съёмки.

Приступая к измерению координатных меток, нужно определить положение первой **км**. В таблице с координатами **км** выделена первая строка с координатами первой **км**. По её координатам и с учётом положения на снимке координатных осей x и y (0° или 180°) нужно определить расположение первой метки. **Например, если координаты первой метки $x = +110$ мм, $y = -110$ мм, при этом ось x направлена вправо, а ось y - вверх, то первая км расположена в правом нижнем углу снимка.** На снимке навести стрелку на место, где расположена первая **км**, и нажать **лкм**. В правом окне появится участок снимка с расположением первой **км**.

Если **км** не появилась в окне, то небольшими перемещениями стрелки на снимке вывести в правом окне хотя бы часть **км**. Затем в правом окне подвести стрелку к **км**, нажать **лкм** и тем самым поставить на это место измерительную марку. Нажать расположенную над окном кнопку **Центрировать по маркёру**, которая сместит измерительную марку в центр окна, а вместе с ней и **км**.

Нажатием кнопки с изображением лупы со знаком плюс, расположенной над правым окном, увеличить изображение **км**, а затем установить измерительную марку точно на **км**, используя клавиши клавиатуры со стрелками. Нажать кнопку **Измерить метку**. На **км** установится жёлтый косой крест, а в таблице

появятся пиксельные координаты первой **км**.

В таблице выделить вторую строку. По координатам определить положение на снимке второй **км**. Далее провести измерение её координат так же, как описано для первой **км**.

При измерении координат остальных **км** не нужно определять их положения по координатам, т.к. компьютер сам будет выводить марку в район расположения соответствующих **км**. Нужно только точно наводить марку на **км** клавиши клавиатуры со стрелками.

После измерения второй **км** на снимке появятся координатные оси x и y . Кроме того, внизу экрана будут появляться координаты положения марки на снимке в миллиметрах и пикселах, а также будет указан размер пиксела, с которым снимок был преобразован в цифровую форму. Это удобно, т.к. точность выполнения внутреннего ориентирования оценивается в пикселах.

После измерения всех **км** на снимке нужно выполнить вычисления, для чего нажать кнопку **Аффинное**. В результате выполненных вычислений в таблице появляются средние квадратические отклонения E_x и E_y в миллиметрах. Если **удвоенные значения этих отклонений** (максимальные значения) **превышают величину пиксела**, с которым был получен снимок в цифровой форме, то внутреннее ориентирование снимка нужно повторить. Для удаления выполненных измерений вверху окна **Внутреннее ориентирование** нажать кнопку **Удалить все измерения на текущем снимке**. В результате измерения всех **км** будут стёрты, и их измерения выполняются снова.

Если максимальные значения не превышают величину пиксела, с которой был получен снимок в цифровой форме, то внутреннее ориентирование данного снимка считается выполненным. Для сохранения результатов измерения нажимают кнопку **Применить**. Если эта кнопка не была нажата, то при нажатии над снимком стрелки перехода к следующему снимку появится вопрос о необходимости сохранения результатов. Нажать **Да**. Второй и последующие снимки измеряют, как описано выше.

При переходе к измерениям снимков второго маршрута, в котором координатная система развёрнута на 180^0 , нужно учитывать, что **первая км** будет расположена в противоположном углу по диагонали снимка. Например, если в первом маршруте первая **км** находилась в **правом нижнем углу**, то на втором маршруте она будет расположена в **левом верхнем углу**.

Закончив измерения всех снимков, нажать **Ок**. Появится окно **Управление камерами проекта**, где слева против номеров снимков в столбце **Вн. ор.** будут стоять крестики, т.е. внутреннее ориентирование снимков выполнено.

Нажать над окном со снимком кнопку **Отчёт**. Появится окно **Отчёт**, где дана информация о выполнении внутреннего ориентирования (см. об особенностях оформления отчёта для цифровых снимков на с. 35). Если в отчёте имеются жёлтые и красные цвета, то нужно повторить внутреннее ориентирование указанных снимков.

Отчёт о выполнении внутреннего ориентирования у всех снимков можно сохранить в ресурс проекта или в файле (см. на с. 35 сохранение отчёта для цифровых снимков).

7.2. Полуавтоматическое внутреннее ориентирование

Для того чтобы выполнить внутреннее ориентирование снимков полуавтоматическим способом нужно, во-первых, чтобы на снимках **км** изображались чётко, во-вторых, должен быть создан эталон - снимок, внутреннее ориентирование которого должно быть выполнено вручную. Порядок измерения описан в предыдущем параграфе.

Выполнив вручную внутреннее ориентирование одного снимка, который в дальнейшем будет считаться эталонным, в меню окна **Внутреннее ориентирование** нажать кнопку **Полуавтоматическое внутреннее ориентирование**. Появится окно, у которого сверху стоит номер эталонного снимка. Слева расположен снимок-эталон. Посредине изображены **км** с косым крестиком, т.к. эти метки измерены, и вокруг них две рамки, определяющие области метки и поиска. Справа сверху указаны номера снимков помаршрутно. Снимок-эталон вы-

делен, и рядом с ним в столбце **Вн. ор.** стоит крестик, т.е. снимок измерен. У остальных снимков стоят минусы. Нажать сверху кнопку **Выбрать все изображения**. Перед номерами снимков установятся «галочки».

Под этим окном двумя ползунками можно установить **Параметры поиска меток**, а именно, **Размер области метки** и **Размер области поиска**. Здесь же устанавливается коэффициент корреляции и задаётся способ преобразования координат. Поставить «галочку» перед **Искать на изображениях с уже выполненным вн. ор-ем**. В разделе **Тип преобразования** оставить точку перед словом **Аффинное**.

Нажать кнопку **Выполнить**. Появляется окно, в котором показано как проходит процесс и подводится результат: все ли метки найдены и на каком количестве снимков. Нажать **Ок**, а затем **Заккрыть**.

Войти в **Управление камерами проекта**, где минусом отмечены снимки, на которых метки не были измерены и, соответственно, не выполнено внутреннее ориентирование. Однако перед всеми снимками могут стоять плюсы, а, открыв отчёт, можно увидеть пропущенные метки. Чтобы войти в отчёт справа над снимком нажать кнопку **Отчёт по внутреннему ориентированию**.

Можно снова войти в режим полуавтоматического способа, ползунками увеличить области поиска меток и повторить ориентирование. Однако при большом числе снимков быстрее выполнить с использованием ручного режима.

7.3. Автоматическое внутреннее ориентирование

Автоматический способ внутреннего ориентирования снимков можно применять только для снимков, полученных с помощью одной из трёх фотокамер: **РС 20**, **РС 30** или **ЛМК**. В этом случае порядок работы следующий.

В окне **Управление камерами проекта** над окном со снимком нажать кнопку **Автоматическое внутреннее ориентирование**. Появится окно, в котором слева нужно поставить «галочки» перед всеми снимками. Для этого достаточно поставить «галочки» перед номерами маршрутов. Также должна быть указана ориентация координатных осей на снимках. Кроме того, в строках

снимков должно стоять имя одной из фотокамер: **RC 20, RC 30** или **LMK**.

Ещё одно условие: в окне **Камера** (см. рис. 11, с. 30) под надписью **Тип координатных меток** должно стоять имя одной из этих фотокамер. Для проверки вверху окна **Автоматическое внутреннее ориентирование** нажать кнопку с рисунком фотокамеры. Появится окно **Управление камерами проекта**, где справа вверху нажать кнопку с рисунком фотокамеры и руки (**Редактировать камеру**). Если имя фотокамеры указано, то вернуться в окно **Автоматическое внутреннее ориентирование**.

Указанный **Минимальный коэффициент корреляции - 0,8** можно оставить. Поставить «галочку» перед словами **Искать на изображениях с уже выполненным вн. ор-ем**. Указанный **Тип преобразования - Аффинный** можно не менять. Нажать **Выполнить**. Появляется окно, в котором демонстрируется ход выполнения ориентирования и его результат. Нажать **Ок**.

В **Главном меню** нажать **Ориентирование** ⇒ **Внутреннее ориентирование** ⇒ **Отчёт**. Появится отчёт о выполнении внутреннего ориентирования. Если все результаты получены в допуске, то отчёт можно сохранить в ресурсе проекта, нажав в меню этого окна кнопку **Сохранить в ресурс**, или сохранить в файле, нажав соседнюю кнопку **Сохранить в файле** и указав имя файла и папку, в которой он будет храниться. Если в отчёте результаты окрашены в жёлтый или красный цвета (см. с. 35), то нужно проверить выполнение указанных выше действий.

После завершения этапа внутреннего ориентирования во избежание программных сбоев нажать **Главное меню** ⇒ **Проект** ⇒ **Синхронизировать**, а затем **Ок**.

8. Измерение точек сети фототриангуляции

В ЦФС измерение координат точек сети выполняется сочетанием **автоматического** и **ручного** режимов. Вначале измерения выполняют в **автоматическом режиме**, а затем в **ручном режиме** производят редактирование точек, которые в автоматическом режиме были измерены с превышением допуска, а

также выполняют измерения дополнительных точек в зонах стереопары, где они не были измерены. Сочетание двух режимов даёт преимущество при измерении большого количества снимков. Если нужно измерить одну-две стереопары, то выполнение измерений в ручном режиме более выгодно, т.к. экономится время на переизмерениях и доизмерениях точек. Кроме того, для выполнения **автоматического** измерения координат связующих точек **необходимо построить накидной монтаж** (см. п. 5.3, с. 21), а при ручном режиме это делать не обязательно.

8.1. Рабочая площадь стереопары и стандартные зоны расположения связующих точек

Съёмку контуров и рельефа на каждой стереопаре выполняют в пределах её **рабочей площади**. Так называют **центральную часть продольного перекрытия двух соседних снимков, ограниченную линиями, проходящими по середине поперечных и тройных продольных перекрытий**.

На рис. 12 изображены шесть снимков: три верхнего маршрута № 1 и три

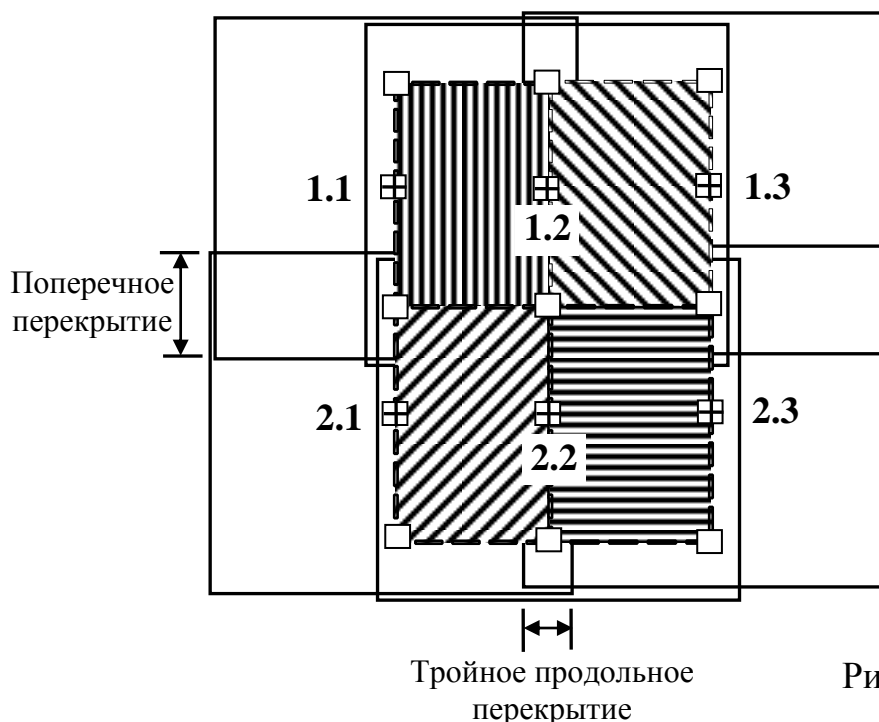


Рис. 12

нижнего маршрута № 2. В каждом маршруте три снимка составляют две соседние стереопары: из первого и второго снимков, второго и третьего снимков. Стереопары перекрываются в пределах **зоны тройного продольного перекры-**

тия снимков, где посередине находятся главные точки средних снимков 1.2 (в верхнем маршруте) и 2.2 (в нижнем маршруте). Левые и правые границы рабочих площадей стереопар должны проходить примерно через главные точки 1.1, 1.2, 1.3 и 2.1, 2.2, 2.3 (показаны крестиками) снимков каждого маршрута.

Верхняя и нижняя границы рабочих площадей стереопар при поперечном перекрытии 30 - 40% проходят от соответствующих краев снимков на расстояниях, составляющих 15 - 20% от длины вертикальной стороны снимка. На рисунке рабочие площади четырёх стереопар показаны разной штриховкой.

По классической схеме при построении модели измерения точек достаточно выполнить в **шести стандартных зонах** (на рис. 12 они показаны белыми квадратиками). На рабочей площади каждой стереопары четыре стандартные зоны располагаются в её углах, а две - в районах главных точек снимков. Координаты точек, измеренные в стандартных зонах, оказывают максимальное влияние на поперечные параллаксы, что позволяет при решении системы уравнений взаимного ориентирования более надёжно и с меньшим количеством итераций (с меньшей затратой времени) вычислить **элементы взаимного ориентирования** и построить **геометрическую (измерительную) модель объекта (местности)**. Число стандартных зон выбрано, исходя из того, что при выполнении взаимного ориентирования снимков нужно вычислить **пять элементов взаимного ориентирования**. Каждая точка стереопары даёт одно уравнение. Следовательно, нужно измерить координаты не меньше пяти точек. Шестая точка даёт возможность решить систему уравнений уже с контролем. Измерение 12 точек (по две точки в каждой зоне) даёт прирост точности примерно на 50%, а измерение 18 точек (по три в каждой зоне) – ещё на 12-15%.

Т.к. стандартные зоны располагаются на границах рабочих площадей с соседними стереопарами (слева, справа, снизу и сверху), они являются общими для этих стереопар. Следовательно, **точки взаимного ориентирования**, расположенные в этих зонах, выполняют вторую нагрузку: их используют для соединения отдельных моделей в одну общую модель в пределах маршрута или бло-

ка. С учётом этого точки, расположенные в стандартных зонах, также называют **межмодельными** (вдоль маршрутов) и **межмаршрутными** (в блоке) **связующими точками**. Учитывая, что в руководстве по работе с ЦФС Photomod 5 эти точки называются **связующими точками**, далее в тексте даётся это название.

Классическая схема расположения стандартных зон была принята при обработке стереопар на универсальных приборах. С переходом на цифровые технологии современные фотограмметрические программные продукты предполагают автоматическое измерение связующих точек с большим избытком и расположением их по всей площади стереопары. Тем не менее, при измерении точек сети фототриангуляции в **ручном режиме** следует располагать точки по классической технологии в стандартных зонах.

8.2. Особенности работы коррелятора при наведении измерительной марки на точку

Использование коррелятора для наведения измерительной марки на точки стереопар облегчает (автоматизирует) работу, но и осложняет из-за особенностей изображения объектов на снимках, неодинаковости их изображений на соседних снимках, а также из-за качества изображений.

Принцип наведения измерительных марок на соответственные точки на соседних снимках с помощью коррелятора следующий. По рассчитанным координатам в системах координат двух соседних снимков надо найти соответственные точки и установить на них измерительные марки. Вначале по координатам на соседних снимках коррелятор находит одинаковые участки, размер которых задают в установках программы, например, 10x10 пикселей. В пределах этих участков коррелятор находит пиксели с одинаковыми значениями плотности, устанавливает на них марки и фиксирует координаты.

Коррелятор даёт хороший результат на открытой местности с большим количеством чётко изобразившихся контуров и при отсутствии лесных территорий, населённых пунктов, водных пространств. Если местность мало контурная (луг, песок, вода), то коррелятор даёт плохой результат или вообще не сра-

бывает, т.к. трудно по соседним изображениям найти две одинаковые точки. Нельзя выбирать точки в тени высотных объектов, т.к. повышенная плотность изображения затрудняет работы коррелятора. На участках, покрытых лесной растительностью, коррелятор либо не срабатывает, либо наводит измерительную марку на вершины разных, но похожих по перемене плотности изображений деревьев. Кроме того, при наличии ветра деревья качаются и их кроны на соседних снимках не соответствуют положению точки при отсутствии ветра.

Нужно учитывать также следующее. Если рядом с точкой находится высотный объект (строение, дерево, столб, линии электропередач и т.п.), то коррелятор не сможет правильно навести марки на изображения этой точки на соседних снимках. Это объясняется тем, что в центральной перспективной проекции изображения высотных объектов на соседних снимках «опрокидываются» в разные стороны. Имеющееся на одном из снимков повреждение изображения (царапина, пятно и др.) рядом с выбранной точкой также исказит работу коррелятора. В результате расчёт плотности на одинаковых участках соседних снимков даст разное плановое положение марок и, соответственно, стереомарка установится либо в «воздухе», либо под «землёй».

8.3. Измерения точек сети в автоматическом режиме

В Главном меню нажать Ориентирование ⇒ **Автоматическое измерение связующих точек**. Появится окно с таким же названием (рис. 13). Слева в окне располагаются номера маршрутов и снимков, входящие в проект. Установкой «галочки» слева от номера маршрута снимки, входящие в него, включаются в процесс измерения точек

Вверху окна расположено **Кнопочное меню**. При наведении стрелки на каждую кнопку появляется надпись, поясняющая какую команду, включает эта кнопка. Особых пояснений здесь не требуется, кроме кнопки **Загрузить настройки из ресурса**, т.е. настройки оптимальных комбинаций основных и дополнительных параметров для автоматического поиска, измерения и отбраковки точек. Если нажать на расположенный справа от кнопки треугольник, то

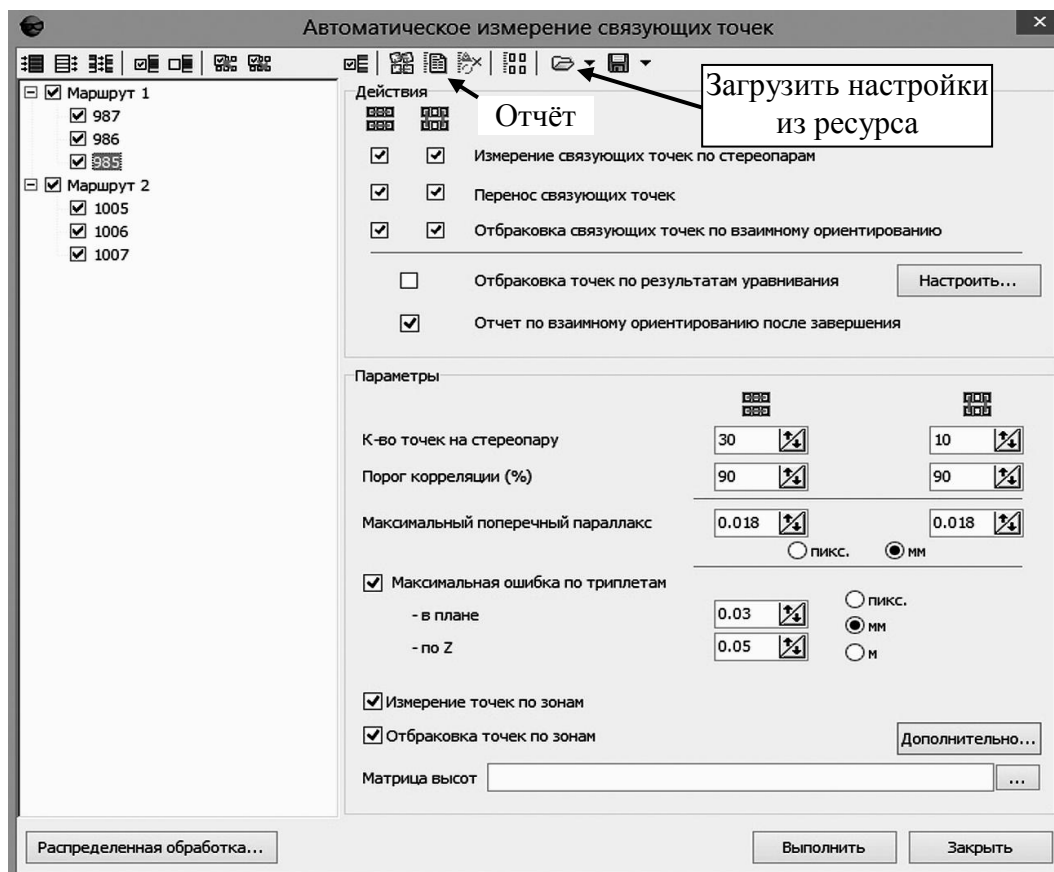


Рис. 13

появятся надписи: **Загрузить настройки из файла**, **Вернуть настройки по умолчанию**, **БПЛА** и **Стандартный**.

При нажатии на **первую надпись** на экран выводится содержимое папки, в которую был записан для сохранения файл ProjCorrMatchOptions.x-ini, где хранятся ранее установленные настройки для данного проекта. **Вторая надпись** не требует пояснения. После её нажатия в окне **Параметры измерения связующих точек** устанавливаются **параметры по умолчанию**. При нажатии на надпись **БПЛА** загружаются настройки для обработки снимков, полученных с беспилотного летательного аппарата. Нажатием на надпись **Стандартный** включаются настройки при измерениях в пределах стандартных зон.

Для дальнейшей работы нажать **Стандартный**. После этого в разделе **Действия** в окошках установятся «галочки» перед процессами, которые будут выполнены.

В разделе **Параметры** необходимо установить максимально допустимый поперечный параллакс в пикселях или миллиметрах. В [1] указано, что **взаим-**

ное ориентирование (построение модели) считается выполненным, если **средняя величина остаточных поперечных параллаксов не превышает 7 мкм**. В программе рассчитывается **средняя квадратическая величина**, которая больше средней примерно в 1,25. Следовательно, **её величина остаточных поперечных параллаксов не должна превышать 9 мкм**. Таким образом, **максимально допустимая величина** остаточных поперечных параллаксов не должна превышать **удвоенной** средней квадратической величины, т.е. **18 мкм**.

Зная **размер пиксела Δ в мкм**, с которым были получены или просканированы снимки, можно рассчитать **максимально допустимую величину** остаточных поперечных параллаксов в **пикселах: $18 \times \Delta$** .

Ниже необходимо указать **максимально допустимые погрешности в триплетах** (в пределах тройного продольного перекрытия снимков), т.е. расхождения координат на связующих точках в плане и по высоте при соединении моделей. Расхождения можно установить в пикселах, миллиметрах или метрах (**поставить точку**). Согласно [1] **«средние квадратические расхождения координат связующих точек, вычисленные в смежных стереопарах, не должны превышать в плане 15 мкм, а по высоте $\frac{15f}{b}$ мкм**, где f - фокусное расстояние фотокамеры в мм, b - базис фотографирования в масштабе снимков в мм, который рассчитывается по формуле

$$b = l_x \left(1 - \frac{P_x}{100} \right),$$

где l_x – продольная длина кадра, P_x – процент продольного перекрытия.

После **удвоения вычисленных величин** будут получены **максимально допустимые расхождения**, которые нельзя превышать, что проверяется в отчёте. Т.к. в отчёте расхождения в плане даны вдоль осей x и y , с **максимально допустимым расхождением** нужно сравнивать их векторную сумму.

Если нужно установить допустимые величины в **пикселах**, то вычисленные значения следует разделить на величину пиксела, с которым были получены или просканированы снимки. Чтобы установить допустимые величины в

метрах, то вычисленные значения в микрометрах следует умножить на знаменатель масштаба снимков $m/10^6$.

Дополнительные установки оставить по умолчанию.

Нажать внизу окна **Выполнить**. Появится окно с демонстрацией процессов **измерения точек, взаимного ориентирования (построения моделей) и соединения моделей**. После останова выполнения этих процессов появляется таблица, в которой показаны номера стереопар и сколько точек на каждой добавлено, перенесено и удалено.

Нажать **Ок**. Откроется окно **Отчёт** с демонстрацией полученных результатов. Номера маршрутов и стереопар подчёркнуты. Это значит, что при нажатии на номер можно посмотреть подробную информацию о выполненных измерениях на данном маршруте или стереопаре. Насколько качественно выполнены измерения, в отчёте указывается жёлтым и красным цветами.

Жёлтым цветом отмечаются стереопары, у которых измерения точек и построение модели выполнены с погрешностями, а красным цветом отмечаются стереопары, у которых построение модели не выполнено из-за следующих погрешностей:

- количество измеренных точек на стереопаре меньше пяти,
- поперечных параллаксов превышают допустимые значения,
- неравномерность распределения точек по стандартным зонам и в одной из зон нет измеренной точки,
- величины углов каппа различаются с превышением заданного значения.

Таковыми же цветами окрашиваются номера маршрутов, которые содержат такие стереопары.

Если процент таких стереопар достаточно большой, то нужно повторить процесс автоматического измерения точек, но перед этим следует удалить все измеренные точки. Для этого в **Главном меню** нажать **Ориентирование** ⇒ **Удалить измерения точек**. Появится окно с таким же названием. Поставить «галочки» перед **все** (раздел **По типу измерений**), **связующие** (**По типу коор-**


динат), **автоматические (По способу измерений)**. В **Режиме удаления** точки должны стоять перед **все** и **только измерения**. Нажать **Ок**. Появится окно **Вопрос** с запросом **Продолжить?** Нажать **Да**. После выполнения процессов появится окно с информацией, какие точки были удалены. Нажать **Ок**.



Запустить снова процесс автоматического измерения и просмотреть **Отчёт**. Если же превышения допусков возникают снова на отдельных парах снимков, то точки на этих снимках нужно измерить **в ручном режиме**.

8.4. Измерения точек сети в ручном режиме



Чтобы начать измерения точек в ручном режиме на **одиночных маршрутных стереопарах**, необходимо на **накидном монтаже** навести стрелку на снимок стереопары и нажать **лкм**. Измерительная марка переместится на снимок, а снимок будет выделен рамкой. Нажать **Главное меню** ⇒ **Ориентирование** ⇒ **Открыть маршрутную стереопару**. Откроется окно **Измерение точек**, где, кроме указанного снимка стереопары, по умолчанию откроется соседний правый снимок в маршруте. Если будет выбран **последний снимок в маршруте**, то по умолчанию откроется снимок, **расположенный слева**.


Под окнами с полномасштабными изображениями снимков стереопары расположены окна, в которых изображаются в увеличенном масштабе участки снимков, где расположены измерительные марки на каждом из них.

Внизу располагается таблица **Точки триангуляции**, в которой записываются номера измеренных точек и информация о них. Для этого нужно слева от таблицы нажать кнопку  (**Все точки триангуляции**).

Вверху и слева у окон и таблицы располагаются кнопочные меню. Назначение каждой кнопки - включать соответствующую команду, смысл которых поясняется всплывающими надписями при подведении стрелки к кнопке. Только на две кнопки нужно обратить внимание. Они расположены слева от верхнего окна внизу кнопочного меню. Это **Показывать области перекрытия**  и **Показывать зоны в перекрытии** . При нажатии на эти кнопки на снимках

появятся синие линии, показывающие площадь продольного перекрытия снимков, а на левом снимке появятся шесть квадратов, т.е. шесть стандартных зон (см. рис. 12, с. 42), в которых нужно измерять точки для построения моделей и их соединения в общую модель.

Слева от таблицы всего две кнопки. Верхняя кнопка  переводит в таблицу **каталог опорных и контрольных точек**, удаляя связующие точки. Нижняя кнопка  включает таблицу со всеми точками сети.

Перед началом измерений нужно установить допуски. Для этого в меню таблицы **Точки триангуляции** нажать кнопку  (**Отчёт**). Появится окно **Параметры отчёта по взаимному ориентированию** (рис. 14). Расчёт макси-

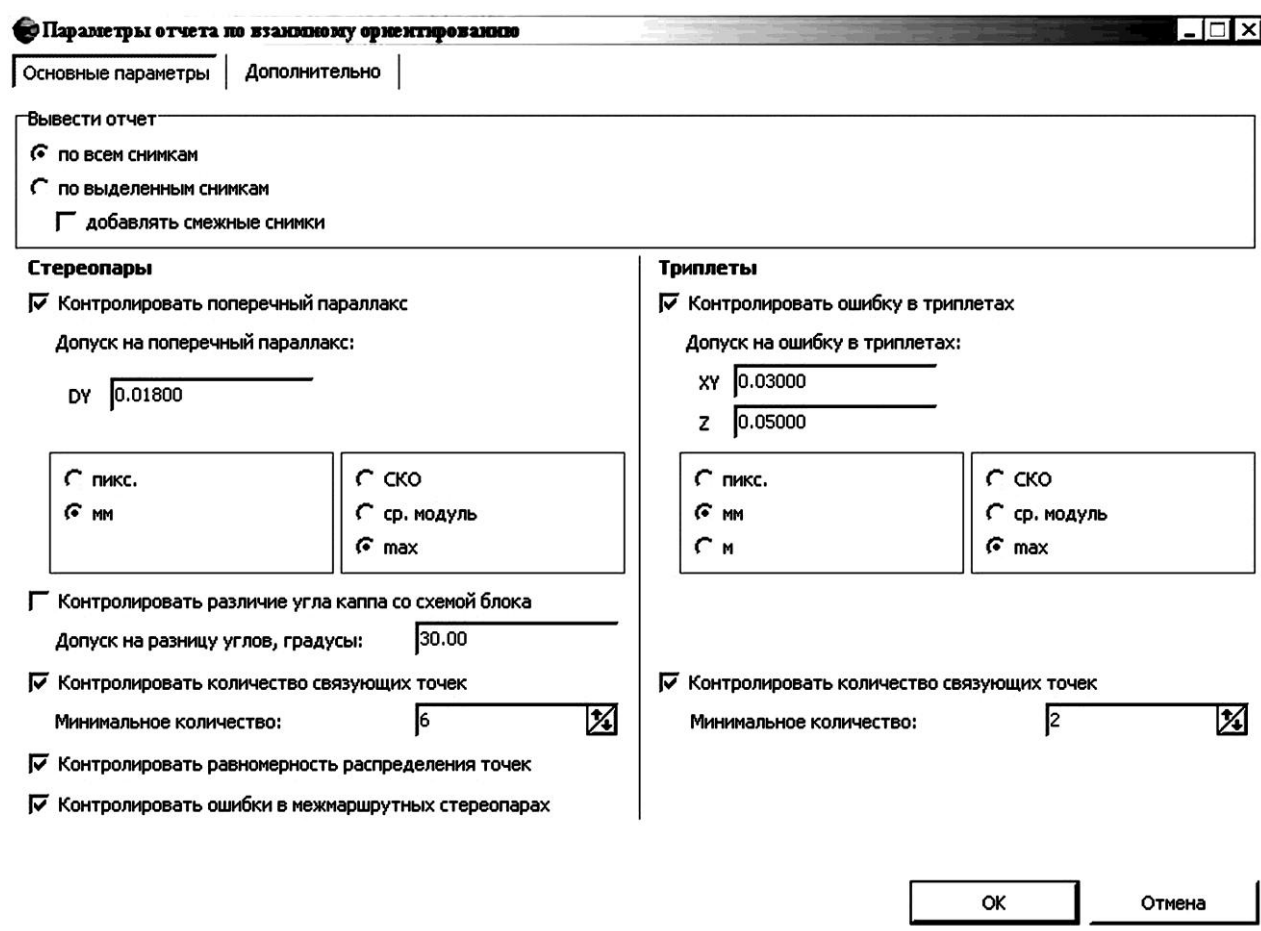



Рис. 14

имально допустимого поперечного параллакса, а также максимально допустимых расхождений координат в плане и по высоте связующих точек на соседних моделях приведён в п. 8.3, рис. 13.

Измерения связующих точек на стереопарах выполняются в следующем порядке. Ввести стрелку в стандартную зону в центре левого снимка и нажать **лкм**. В этом месте установится марка, а в окне под снимком появится данный участок местности в увеличенном масштабе. Навести стрелку на правом снимке на такой же участок местности, который с учётом продольного перекрытия будет расположен на снимке слева по центру. Нажать **лкм**. В окне под этим снимком также появится примерно такой же участок местности в увеличенном масштабе. Сравнивая участки местности в обоих окнах, нужно найти два одинаковых объекта: чёрную или белую точку, угол границы травы или пашни и т.п.

Примечание. *Выбирая точки, нужно учесть особенности получения изображений в центральной перспективной проекции и работы коррелятора, которые изложены в параграфе 8.2.*

При нахождении одинаковых точек в левом и правом окнах можно использовать кнопку , при нажатии которой измерительная марка вместе с изображением перемещается в центр окна. Перемещая снимки с помощью мыши при нажатых клавишах **Alt+лкм**, центрируя марки по площадям обоих окон, увеличивая или уменьшая масштабы изображений с помощью кнопок с **лупами плюс** и **минус**, (можно использовать клавиши / и * на цифровой панели клавиатуры) найти в обоих окнах одинаковые точки и навести марки на них. Небольшие перемещения марок можно выполнить с помощью кнопок со стрелками на клавиатуре. Расположение точек может быть и не внутри квадрата, но не надо удаляться далеко от него и приближаться к краям снимка.

Наведя марки на обоих снимках на одинаковые точки, нужно выполнить регистрацию измерения координат этих точек в системах координат снимков. Для этого нажать на клавиатуре клавишу **Пробел**.

Появится окно с надписью **Новая связующая точка**, где будет указан коэффициент корреляции, который должен быть близок к единице. Считается, что надёжно измерена точка, если коэффициент корреляции находится в интервале 1 - 0,9 и ближе к единице. На снимках с пониженной разрешающей

способностью допускается коэффициент корреляции в пределах 1 – 0,8, при этом желательно, чтобы он был ближе к 0,9. Если получено значение в указанных пределах, то в окне нажать кнопку **Ок**. В результате в таблице **Точки триангуляции** появится строка с записью точки. На снимках измеренные точки будут обведены (маркированы) ромбиками жёлтого цвета.

При переходе к следующей зоне нужно ввести в неё стрелку и дважды нажать на **лкм**. В обоих окнах под снимками появятся примерно одинаковые участки местности, на которых выполнить поиск одинаковых точек.


В стандартных зонах нужно измерить по **две-три точки**. При измерении в каждой зоне по **две точки** точность построения модели повышается на **50%**. Измерение по **три точки** даёт дальнейшее повышение точности на **10-15%**. Измерение большего числа точек не целесообразно, т.к. увеличивается время на измерения точек и вычисления. Кроме того, возрастает процент погрешностей измерений, увеличивается время на их поиск и повторные измерения.





Лучше выполнять измерения двумя-тремя кругами: круг – по одной точке, второй круг – дополнить в каждой зоне до двух точек и в третьем круге - до трёх. Такой способ позволяет контролировать вновь измеряемые точки, а также уже измеренные. Контролем являются величины поперечных параллаксов на точках, которые появляются в таблице в столбце **Max Y-par**. После измерения трёх точек в столбце устанавливаются нули, а после измерения четырёх точек в столбце появятся величины остаточных поперечных параллаксов.


Примечание. *Название столбца - Max Y-par - неправильное, т.к. в столбце стоят остаточные поперечные параллаксы, полученные на каждой точке, а не максимальные. Максимальное значение остаточного поперечного параллакса устанавливается перед началом измерений в окне **Параметры отчёта по взаимному ориентированию** (см. рис. 14, с. 50).*

Если поперечный параллакс на точке превышает максимально допустимую величину, то её нужно удалить. Для этого в таблице **Точки триангуляции** строку с такой точкой выделить и нажать кнопку с красным косым крестом (**Удалить выбранные**).

Проконтролировать качество выполнения взаимного ориентирования

(**построения модели**) можно в **Отчёте**, нажав кнопку  (**Отчёт**). Отчет содержит всю статистическую информацию по проведенным измерениям. Интерактивная структура отчета позволяет редактировать и обновлять результаты, не выходя из отчета в режиме on-line.

Получив на всех точках стереопары остаточные поперечные параллаксы меньше максимально допустимой величины, переходят к измерению следующей стереопары. Для этого вверху над снимками нажимают красную стрелку |     |, указывающую нужное направление. На экране происходит смещение снимков на один. Произвести измерения точек новой стереопары и всех остальных маршрутных стереопар, как описано для первой стереопары.

Следующим этапом построения сети фототриангуляции является **связь моделей в маршруте**. Измерения выполняют в **тройном продольном перекрытии**, т.е. в **перекрытии соседних моделей**, путём взаимного переноса связующих точек с левой модели на правую и с правой на левую. Прежде всего, необходимо вывести на экран три соседние снимка (триплет). На **накидном монтаже** навести стрелку на снимок и нажать лкм. Снимок будет выделен рамкой. Нажать Главное меню \Rightarrow Ориентирование \Rightarrow **Открыть маршрутную стереопару**. Откроется окно **Измерение точек**, где будут видны два соседних снимка. Чтобы вывести третий снимок в меню окна нажать кнопку  (**Добавить изображения**). Появится окно с номерами маршрутов и номерами входящих в них снимков. Поставить «галочки» перед номером третьего необходимого снимка и нажать **Ок**. В окне **Измерения точек** над таблицей **Точки триангуляции** установятся три снимка (рис. 15). Средний снимок путём нажатия кнопки с лупой **Показать всё** установить полностью в среднем окне. На нём видны измеренные точки на обеих моделях. Левый и правый снимки в их окнах увеличить путём нажатия кнопки с лупой **1:1**. В меню среднего окна нажать кнопку с латинской буквой **L**, что сделает этот снимок опорным.

Точки, которые должны связать две соседние модели, расположены на среднем снимке посередине сверху вниз. Точки, измеренные на левой модели,

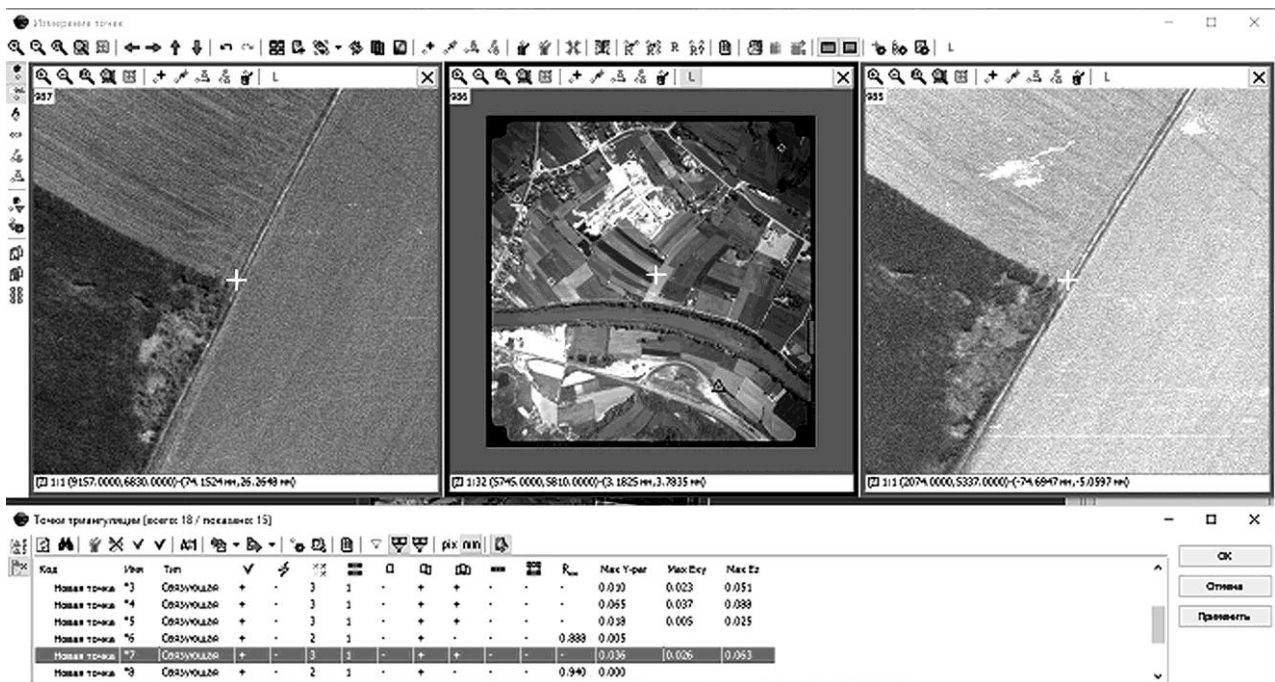




Рис. 15



необходимо измерить и на правой модели. Соответственно, точки, измеренные на правой модели, необходимо измерить и на левой модели.





На среднем снимке подвести стрелку к жёлтому ромбику, маркирующему связующую точку, и нажать **лкм** два раза. Измерительная марка встанет на эту точку на среднем снимке и, если эта точка была измерена на левой модели, то марка встанет на эту точку и на левом снимке. Участок местности с точкой в левом и правом окнах будет виден в увеличенном масштабе. На правом снимке поставить марку так, как она стоит в левом окне, и нажать кнопку  (**Коррелировать всё с левым**) или кнопку  (**Перенести или добавить измерения точки в положения маркера на всех снимках**). Так же можно использовать сочетание клавиш **CTRL+пробел**. Точки, измеренные в тройном продольном перекрытии, окрашиваются в зеленый цвет.

При измерении каждой точки в таблице **Точки триангуляции**, кроме величин коэффициента корреляции и поперечного параллакса, в столбцах **MaxE_{xy}** и **MaxE_z** появляются величины расхождений координат точек на соседних моделях в плане и по высоте.

Примечание. Названия столбцов **MaxE_{xy}** и **MaxE_z** неправильные, т.к.

в них указываются средние квадратические погрешности, а не максимальные.

Если на точке допуски будут превышены, то строчку с этой точкой выделить и удалить, нажав в меню таблицы кнопку с красным рисунком  (**Удалить выбранные**). Однако, удаляя точки нужно следить, чтобы не были удалены все точки вверху, внизу или в центре. Желательно чтобы вверху и внизу было больше одной точки, и они располагались по ширине тройного продольного перекрытия. В центре достаточно одной точки. В противном случае нужно выполнить измерения дополнительных точек на обеих моделях, перенести их на соседние модели и проверить соединение моделей. Точность соединения моделей контролируется в **Отчёте** (кнопка ).

Получив на всех точках триплета допустимые значения, переходят к измерению следующего триплета. Для этого вверху над снимками нажимают одну из красных стрелок |     |, указывающую необходимое направление смещения. Происходит смещение снимков на один. Измерения точек нового триплета и всех остальных маршрутных триплетах выполняют аналогично.

После этого переходят к **измерениям связующих точек на межмаршрутных стереопарах**. Для этого на **накидном монтаже** нужно навести стрелку на первый снимок верхнего маршрута и нажать лкм. Измерительная марка переместится на снимок, а снимок будет выделен рамкой. Нажать Главное меню \Rightarrow Ориентирование \Rightarrow **Открыть межмаршрутную стереопару**. Откроется окно **Измерение точек**, где в отличие от расположения маршрутных стереопар, межмаршрутные снимки располагаются друг над другом (рис. 16) слева в полномасштабном изображении. Справа от них находятся окна, в которых изображаются в увеличенном масштабе участки снимков, где расположены измерительные марки.

В ходе выполнения данного процесса переносят межмаршрутные связующие точки с маршрута на соседний маршрут в пределах поперечного перекрытия. В случае, когда переносятся уже имеющиеся точки, для измерения ис-

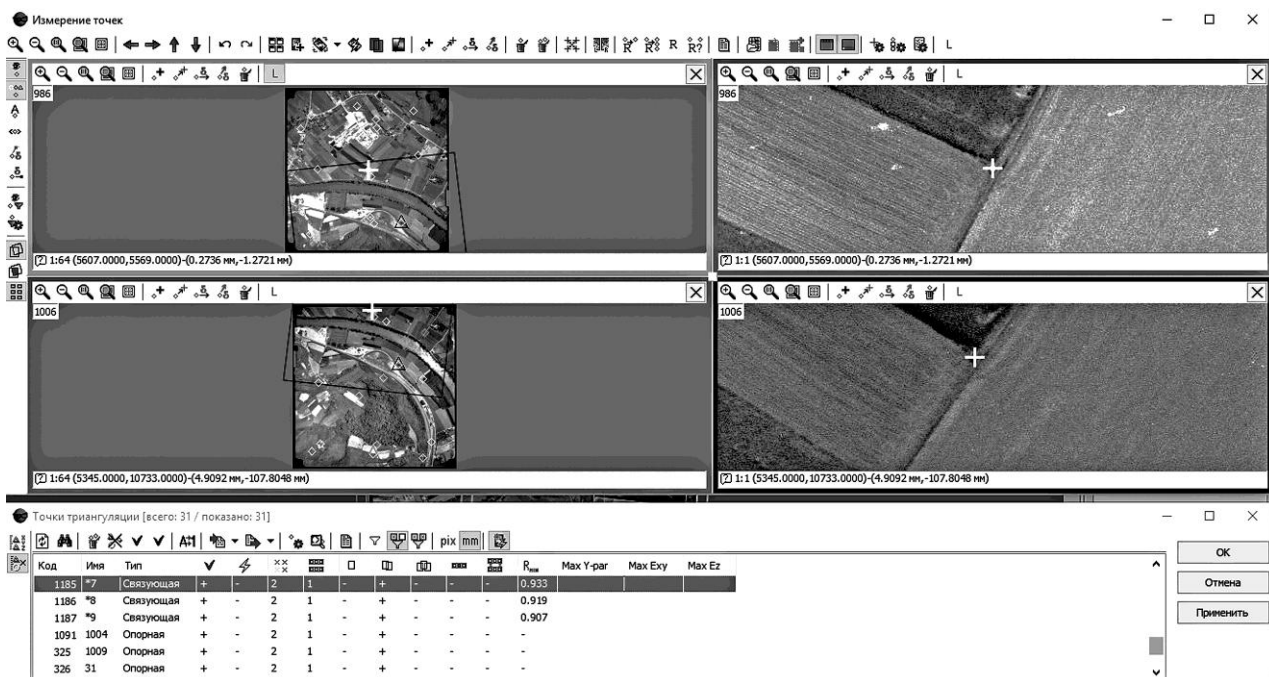






Рис. 16

пользуется тот же инструментарий, что и для измерений в пределах триплетов. Навести на снимке стрелку на ромбик и дважды нажать лкм. Измерительная марка встанет на ромбике, а в таблице (внизу экрана) строка с этой точкой выделится. Найти на другом снимке участок местности с этой точкой и нажать лкм. Справа от снимка в окне появится увеличенное изображение местности. Найти точку, аналогичную точке на верхнем снимке, установить на неё измерительную марку, и нажать кнопку  (**Коррелировать все с левым**) или кнопку  (**Перенести или добавить измерения точки в положения маркёра на всех снимках**).

Случается, что для связи маршрутов необходимо измерить новые межмаршрутные точки. Тогда, используя кнопку , необходимо открыть соответствующие стереопары на верхнем и на нижнем маршруте, и произвести измерения аналогично измерениям в триплете.

На снимках появятся синие линии, ограничивающие площадь поперечного перекрытия. Выполнить перенос точек с верхнего снимка на нижний и с нижнего на верхний. При этом измеренные точки будут маркированы ромбиками розового цвета. С целью снижения "шарнирного эффекта" - наклонов моде-

лей в поперечном направлении относительно друг друга из-за погрешностей измерений - точки нужно располагать по ширине поперечного перекрытия: вверху и внизу.

Случается, что для связи маршрутов необходимо измерить новые межмаршрутные точки. Тогда, используя кнопку , необходимо открыть соответствующие стереопары на верхнем и на нижнем маршруте, и произвести измерения аналогично измерениям в триплете. При этом измеренные точки будут маркированы ромбиками голубого цвета.


Примечание. *Таким образом, каждая межмаршрутная точка будет измерена четыре раза. Если такая точка располагается в зоне тройных перекрытий (сверху и снизу), тогда она будет измерена шесть раз.*

Закончив перенос точек, вверху экрана нажать кнопку со стрелкой вправо. В результате на экране появятся вторые снимки верхнего и нижнего маршрутов. Выполнить перенос точек на этих снимках и т.д. до конца маршрутов.

После этого в таблице **Точки триангуляции** нажать кнопку **Отчёт** и просмотреть его так же, как это изложено на с. 48.

8.5. Измерения точек сети в стереорежиме

Стереоскопическое изображение позволяет более качественно выбирать связующие точки. Примерное наведение измерительных марок на изображения связующей точки на обоих снимках выполняют так же, как указано в предыдущем параграфе для монорежима. Окончательное наведение марки на точку выполняют при наблюдении стереоизображения участка местности вокруг выбранной точки. При этом можно сменить точку, если на стереоизображении выбранная в монорежиме точка оказывается не на поверхности модели объекта.

Для включения **стереорежима** в меню окна **Измерение точек** нажать кнопку **Новое стереоокно** . В верхней части экрана появится окно с увеличенными изображениями участков левого и правого снимков, наложенных друг на друга. Надев стереоочки, можно увидеть объёмное

изображение, которое может наблюдаться в **прямом** или **обратном стереоэффектах**. Если известно, где на местности находится овраг или холм, а в объёмном изображении они воспринимаются как хребет и яма, то наблюдается обратный стереоэффект. При обратном стереоэффекте дома наблюдаются в виде ям, деревья не стоят на земле, а их изображения трудно воспринимаются. Чтобы переключиться на прямой стереоэффект, нужно нажать кнопку **Сменить фазу** (рис. 17).

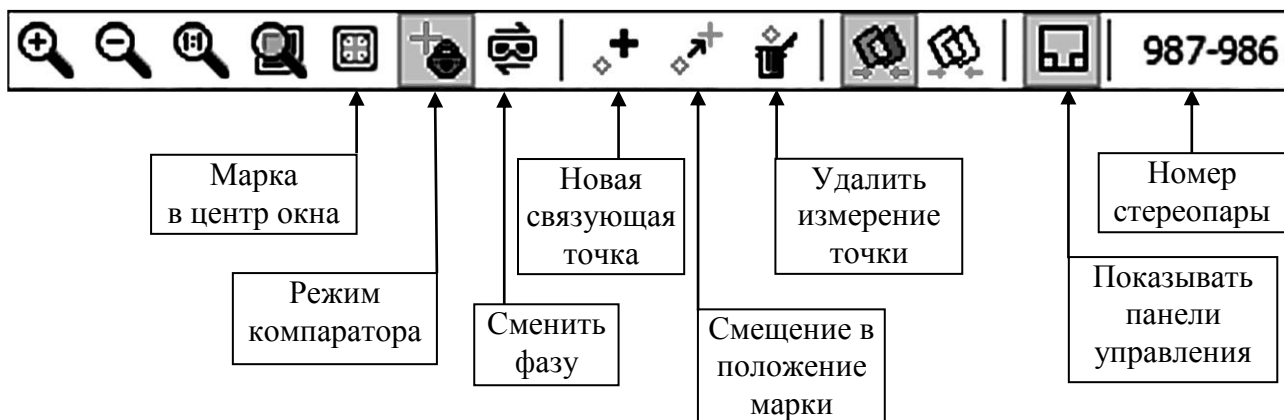


Рис. 17

Измерения точек в **стереорежиме** можно выполнить двумя способами: **1)** с неподвижной маркой и **2)** с неподвижными снимками. Первый способ называется **стереокомпараторный** (по имени первого стереоскопического измерительного прибора – стереокомпаратора). Переключение между способами производится нажатием кнопки **Режим компаратора**. Утопленное положение кнопки (фон серый) соответствует включению **первого способа**. При повторном нажатии кнопки фон становится светлым и включается **второй способ**.

В левом и правом нижних углах стереоокна располагаются кнопки, позволяющие смещать как марки, так и снимки относительно друг друга или совместно (рис. 18).

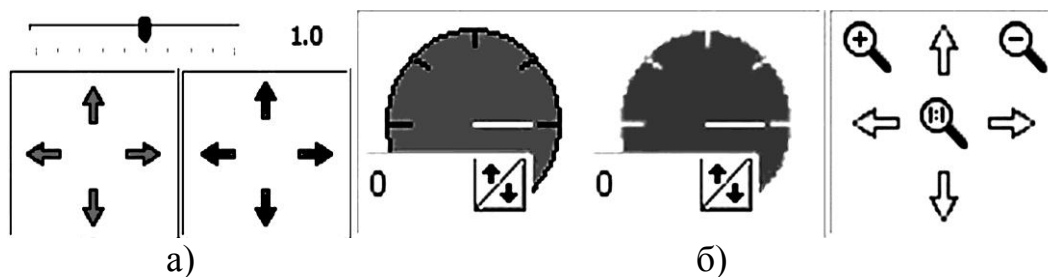


Рис. 18

При подведении стрелки к кнопке с изображением стрелки появляется надпись, поясняющая, какое действие вызывает эта кнопка. Левые кнопки с красными стрелками (рис. 18, а) и правые кнопки с зелёными стрелками (рис. 18, б) смещают левые и правые снимки по отдельности, соответственно. Смещение марок или снимков относительно друг друга вдоль оси x вызывает перемещение стереомарки вверх/вниз относительно поверхности модели, т.е. происходит наведение марки на точку по высоте. Смещением марок относительно друг друга вдоль оси y устраняется поперечный параллакс на связующей точке, остаточная величина которого указывается в правом верхнем углу **Стереокна**, например, **Y-par: 0,46 пикс.**


Левые кнопки с серыми стрелками (рис. 18, а) смещают оба снимка одновременно, что обеспечивает наведение марки на точку в плане. Расположенные справа круги со стрелкой (рис. 18, б) позволяют поворачивать снимки в своей плоскости. Левый круг используется для поворота обоих снимков, а правый круг используется для поворота правого снимка относительно левого. Эти развороты приходится делать при разных углах каппа у снимков, чтобы устранить поперечный параллакс на краях изображений справа и слева.

Кнопки, смещающие снимки по отдельности, в основном, используют при **стереокомпараторном способе**. При использовании **второго способа** после устранения поперечного параллакса наведение стереомарки на точку по высоте выполняют вращением колёсика мыши, а в плане - смещением мыши при нажатой **ЛКМ**.

Наведя стереомарку на точку, нажимают клавишу **Пробел**. Появится окно с надписью **Новая связующая точка**, где будет указан коэффициент корреляции. При его величине меньше 0,8 нужно выбрать другую точку. Если получено значение в пределах 1-0,8 (лучше больше 0,9), то нажать кнопку **Ок**. В результате в таблице **Точки триангуляции** появится строка с записью точки. На снимках измеренные точки будут обведены ромбиками жёлтого цвета.

Закончив измерение связующей точки в данной зоне, нажать кнопку с ко-

сым крестом в правом верхнем углу справа от величины поперечного параллакса. Стереокно закрывается, и появятся снова два снимки, на которых выбрать точку в следующей зоне, и повторить работу, описанную выше.

Измерения связующих точек в стереорежиме можно выполнять как в маршрутных стереопарах, так и в межмаршрутных. Окончательным контролем являются величины остаточных поперечных параллаксов на точках, которые появятся в таблице в столбцах *Max Y-par*, *MaxE_{xy}* и *MaxE_z*. Окончательный результат соединения моделей проверяется в **Отчёте** (кнопка ).

Закончив измерения связующих точек, переходят к измерению опорных и контрольных точек.

8.6. Измерения опорных и контрольных точек

Опорные точки служат для внешнего ориентирования и уравнивания сети фототриангуляции в системе координат местности (объекта), а контрольные точки - для определения конечной точности вычисленных координат точек сети. Контрольные точки не участвуют во внешнем ориентировании и уравнивании сети. Их координаты вычисляются с использованием рассчитанных величин элементов внешнего ориентирования снимков после посадки сети на опорные точки. Расхождения вычисленных координат контрольных точек и их каталожных величин показывают фактическую точность построенной фототриангуляционной сети. Эта точность складывается из погрешностей построения свободной сети, погрешностей измерения опорных и контрольных точек, а также погрешностей геодезических измерений этих точек.


Для измерения опорных и контрольных точек необходимо иметь **фотоабрисы** с отмеченными на них положениями этих точек, графические **абрисы** и **описания положений точек**.

Измерение опорных и контрольных точек можно выполнить в **моно-** или **стереорежиме**, который позволяет человеку, наблюдая объёмное изображение и логически рассуждая, где центр опорной точки, более точно навести измерительную марку на точку.

8.6.1. Измерения опорных и контрольных точек в монорежиме

Нахождение опорной (контрольной) точки на обоих снимках и **наведение измерительных марок** на её изображения на этих снимках выполняется в следующем порядке. Используя абрис с нанесённым на нём положением опорной (контрольной) точки, на **Накидном монтаже** выделить соответствующий снимок. В Главном меню нажать Ориентирование \Rightarrow **Открыть маршрутную стереопару**. Появится окно **Измерение точек**, где будут видны два снимка, а под ними в окнах увеличенные участки местности, на которых находятся измерительные марки. Внизу слева от таблицы **Точки триангуляции** нажать кнопку **Каталог опорных точек**, в котором одним нажатием лкм выделить строку с номером опорной (контрольной) точки.

Используя абрис и описание положения опорной (контрольной) точки, найти её в окнах. Если точка не видна в обоих окнах, то в одном из окон, перемещая марку влево, вправо, вверх, вниз и нажимая в меню окна кнопку **Центрирование марки**, найти опорную (контрольную) точку. Навести на неё стрелку и нажать два раза лкм. В окнах под левым и правым снимкам появятся одинаковые участки с опорной (контрольной) точкой. В обоих окнах навести марку на точку. Для уточнения наведения можно использовать клавиши клавиатуры со стрелками.

Для **регистрации измерения** в меню окна **Измерение точек** нажать кнопку  (**Перенести или добавить измерения точки в положения марки на всех снимках**). На обоих снимках точка будет маркирована треугольником (красным – опорная, чёрным – контрольная). В **Каталоге опорных точек** в строке измеренной точки в столбце **К-во измерений** появится число два. Для проверки, как вписалась точка в модель, построенную по связующим точкам, слева от таблицы **Точки триангуляции** нажать кнопку **Все точки триангуляции**. В появившейся таблице в строке с номером точки даётся информация на каком количестве снимков, стереопар, триплетов и маршрутов измерена точка. В таблице также указан полученный на этой точке поперечный

параллакс, который должен быть меньше допустимой величины 18 мкм.

Если на опорной (контрольной) точке будет превышение величины остаточного поперечного параллакса, то её нужно перемерить. При повторении результата, если рядом имеются измеренные связующие точки (посмотреть на снимке их номера), то в таблице **Все точки триангуляции** стереть связующую точку с максимальным значением остаточного поперечного параллакса. Если после этого значение остаточного поперечного параллакса на опорной (контрольной) точке не войдёт в допуск, то нужно проверить измерения всех точек на стереопаре.

Если на этой паре снимков есть ещё опорная (контрольная) точка, то выделить её строку в каталоге и на обоих снимках найти положение точки, используя контактный снимок, абрис и описание её положения. Навести на обоих снимках измерительные марки на точки и выполнить регистрацию измерения, как описано выше.

Примечание. *Если было выполнено предварительное внешнее ориентирование по координатам центров проекции, то при выделении строки неизмеренной опорной (контрольной) точки выполняется автоматический подбор снимков и примерное наведение измерительной марки на её положение на этих снимках.*

Закончив измерения опорных точек на паре снимков, переходят к следующей паре снимков, где имеются опорные (контрольные) точки. Т.к. эти точки, в основном, располагаются по периметру маршрута или блока, нужно выйти в **Накидной монтаж** и повторить описанную выше работу. Если блок состоит из небольшого числа маршрутов и снимков, то можно не выходить из окна **Измерение точек**, а перемещаться от пары снимков к другой паре снимков с помощью стрелок, имеющихся в меню окна.


8.6.2. Измерения опорных и контрольных точек в стереорежиме

Определение положения опорной (контрольной) точки на стереопаре снимков и наведение измерительных марок на её изображения на обоих снимках выполняются так же, как при монорежиме (см. в п. 8.4, с. 49). Окончательное наведение марки на точку и регистрация измерения

выполняются иначе.

Включение **стереорежима** и **второго способа** с неподвижными снимками) изложено в п. 8.5. Определить в прямом или обратном стереоэффекте видна модель объекта (дано описание на с. 58). Кнопками устройств, расположенных внизу стереоокна слева и справа, пользоваться не надо. Наведение стереомарки на точку по высоте выполнять вращением колёсика мыши, а в плане - смещением мыши. Окончательное наведение стереомарки на точку можно выполнить клавишами клавиатуры со стрелками. Убедившись, что наведение сделано правильно, нажать на клавиатуре клавишу **Ins**. Точка будет обведена кругом. Закрыть стереоокно, нажав в правом верхнем углу кнопку с косым крестом. Стереоокно закроется и на экране снова появится окно **Измерение точек**, в котором на снимках измеренная точка будет обведена треугольником. Измерив все опорные (контрольные) точки, переходят к внешнему ориентированию и уравниванию сети.

9.7. Внешнее ориентирование и уравнивание сети

Для входа в **Модуль уравнивания** в **Главном меню** нажать кнопку  (см. рис. 2, с. 12) или Ориентирование ⇒ **Уравнивание блока** (Ctrl+Alt+S). На экране появится окно **Уравнивание блока**, в центре которого демонстрируется схема сети фототриангуляции в виде рамок снимков и измеренных точек, показанных в зависимости от их функции разными рисунками и цветами. Вверху окна расположено кнопочное меню с надписями и рисунками (рис. 19).

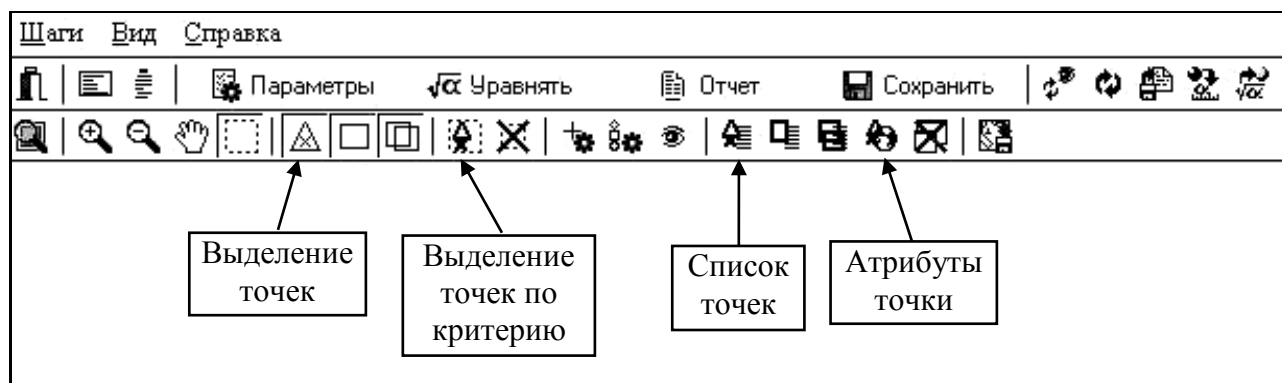


Рис. 19

При подведении стрелки к кнопке появляется надпись, поясняющая какая

команда будет выполнена при нажатии на эту кнопку. Особых пояснений здесь не требуется. Только в отношении 2-й, 3-й, 4-й и 5-й кнопок нужно отметить следующее. Эти кнопки связаны друг с другом: при нажатии на одну из них отключается нажатое положение у другой.

Пятая кнопка (**Режим выделения**) и последующие кнопки: **Выделение точек**, **Выделение снимков** и **Выделение моделей**, нажаты по умолчанию. При нажатии на кнопку **Выделение точек по критерию** появляется окно, в котором проставлены «галочки» практически перед всеми названиями точек. Оставить их без изменений, т.к. это не усложняет работу. Кнопки **Список точек** и **Атрибуты точки** можно держать нажатыми, т.к. на экране, кроме схемы сети, будут таблицы, облегчающие работу со схемой. Разведите эти таблицы по краям экрана, слева и справа.

Нажатие на кнопку **Список точек** выводит на экран таблицу со списком номеров всех точек сети. При выделении номера точки в таблице на схеме вокруг условного обозначения точки появляется кружок и рядом номер точки. Соответственно при выделении условного знака точки на схеме выделяется её номер в таблице.

Нажатие кнопки **Атрибуты точки** выводит на экран таблицу **Информация**, где точка в круглом окошке указывает какая это точка: опорная, контрольная, связующая. Перестановкой точки можно, например, опорную точку сделать контрольной, а контрольную – опорной. Проведя уравнивание в таком варианте, можно определить какая точка была измерена не верно. Здесь же, нажав кнопку **Измерить**, можно перейти в модуль **Измерение точек** и проверить правильность измерения точки.

Нажать кнопку **Параметры**. В открывшемся окне вверху расположены четыре кнопки: **Система координат**, **Уравнивание**, **Отчёт**, **Сохранить**. В **Системе координат**, если нужно, можно сменить систему координат, в которой будут получены результаты обработки.

В окне **Уравнивание** имеются следующие разделы: **Метод расчёта на-**

чального приближения, Метод уравнивания, Свободная модель, Отбраковка связующих точек, Учёт систематических ошибок, Самокалибровка параметров камеры (только для метода связок), **Уравнивать подблок** (при разделе большого блока на подблоки).

В разделе **Метод расчёта начального приближения** внешнее ориентирование и уравнивание выполняется помаршрутно независимо друг от друга, т.е. **Методом независимых маршрутов**. Этот метод используется на начальном этапе процесса внешнего ориентирования и уравнивания всего блока. В результате выявляются грубые погрешности: ошибки в координатах опорных точек и в положениях связующих точек на соседних снимках. Кроме того, в результате выполнения внешнего ориентирования и уравнивания получают величины элементов внешнего ориентирования снимков, которые используют в качестве приближенных значений в **Методе независимых моделей** (стереопар неверно) и в **Методе связок**, указанных в разделе **Метод уравнивания**. При нажатии кнопки **Настройка начального приближения** появляется таблица, в которой можно оставить всё по умолчанию, но, если будет строиться **свободная сеть**, то нужно снять «галочки» с **Использовать координаты опорных точек** и **Использовать координаты центров проекции**. Если обрабатываются **наземные снимки**, на которых продольные параллаксы меняются в больших пределах, то нужно уточнить **Максимальное отстояние точек (в базисах)**.

Метод независимых моделей заключается в том, что по отдельным стереопарам строят независимые модели в своих системах координат и с произвольной ориентацией в пространстве. Далее по координатам общих, **связующих** точек, расположенных в тройных продольных и поперечных перекрытиях моделей, эти модели соединяют и получают одну единую модель объекта (местности), в единой, произвольно ориентированной системе координат. При выполнении внешнего ориентирования и уравнивания координаты точек свободной модели пересчитывают в систему координат объекта (местности), например, геодезическую систему координат. Результаты построения сети могут ис-

пользоваться в **Методе связок** в качестве исходных.

При нажатии кнопки **Настройка уравнивания** появляется таблица, в которой можно оставить всё по умолчанию, но, если используются координаты **центров проекции снимков**, то нужно поставить «галочку». При обработке наземных снимков, на которых продольные параллаксы меняются в больших пределах, нужно уточнить **Максимальное отстояние точек (в базисах)**.

Особенность **Метода связок** заключается в том, что модели не строят по стереопарам, могут даже отсутствовать тройные продольные перекрытия. В основу теории построения сетей этим методом положено **уравнение коллинеарности**, которое связывает координаты трёх точек, лежащих на одной прямой. В данном случае это проектирующий луч, связывающий точку объекта, центр проекции снимка и точку на снимке, являющейся изображением точки объекта.

При нажатии кнопки **Настройка уравнивания** появляется таблица, в которой можно оставить всё по умолчанию, но, если используются координаты **центров проекции снимков** и, соответственно, **углы внешнего ориентирования**, то нужно поставить «галочки». Кроме того, можно уточнить данные в разделе **Расстояния от центра проекции до объектов** (для наземных снимков).

При выполнении внешнего ориентирования и уравнивания сети **Методы независимых моделей и связок** целесообразно использовать поочередно с целью выявления мелких погрешностей, которые не проявляют себя в одном из этих методов.

Свободная сеть (модель неверно) используется на этапе построения сети с целью выявления погрешностей измерения связующих точек, а также при отсутствии координат опорных (контрольных) точек или элементов внешнего ориентирования снимков. После построения свободной сети можно приступить к фотограмметрической обработке снимков, т.е. выполнить построения цифровой модели рельефа (ЦМР) и матрицы высот (МВ), а также произвести векторизацию объектов. После получения и измерения на снимках координат опорных (контрольных) точек или элементов внешнего ориентирования снимков

перед словами **Свободная сеть** снять «галочку», а перед словами **Использовать текущее решение** поставить «галочку». Выполнить **Внешнее ориентирование и уравнивание свободной сети**, и вся собранная информация: ЦМР, МВ и векторизация объектов, - будет трансформирована в систему координат, в которой были получены координаты опорных (контрольных) точек.

Если поставить «галочку» перед **Свободная сеть**, то даже при введенных координатах опорных (контрольных) точек они будут обрабатываться как связующие точки. Справа от слова **Базис** записать примерную величину базиса фотографирования в метрах, которая рассчитывается по формуле

$$B = b \frac{H}{f} = l_x \left(1 - \frac{P_x}{100} \right) \frac{H}{f},$$

где H - высота фотографирования в метрах, f - фокусное расстояние фотокамеры в мм, b - базис фотографирования в масштабе снимков в мм, l_x - длина кадра вдоль полёта в мм, P_x - процент продольного перекрытия (можно подставить 60%).

В результате уравнивания свободной сети координаты измеренных точек будут получены относительно центра проекции первого снимка блока, который имеет значения координат $X_S = Y_S = Z_S = 0$, а у центра проекции второго снимка $X_S = B$ - значение базиса фотографирования в метрах, заданное в окне **Базис**.

В правой части окна **Параметры** можно оставить установки по умолчанию. **Учет систематических ошибок** производится только при наличии опорных точек и элементов внешнего ориентирования. В результате совместной обработки вычисляются систематические ошибки линейных и угловых элементов внешнего ориентирования, полученных со спутниковой навигационной системы. **Самокалибровка** включается, когда данные фотокамеры неполные. **Уравнивание подблока** используется, если блок большой и его трудно обработать целиком. Тогда он делится на подблоки.

После нажатия кнопки **Отчёт** в появившемся окне в разделе **Включить в отчёт** обязательно поставить «галочки» у: **Ошибки уравнивания; Опорные,**

контрольные точки; По стереопарам; Межмаршрутные и внутримаршрутные погрешности; Отмечать превышение допуска; Считать погрешности по связи от среднего. Против остальных, если их надо включить в отчёт, «галочки» можно поставить после уравнивания перед печатью отчёта.

Допуски на погрешности (слово **ошибки**, согласно стандарту, не используется) установить **По типам точек**, т.е. отдельно для опорных и контрольных точек, центров проекции снимков и связующих точек. Устанавливать нужно **максимально допустимые** величины. Следует **обратить внимание** на то, что в [1] указаны **средние расхождения**, а в программе после уравнивания приводятся средние квадратические расхождения, которые примерно в 1,25 раза больше средних расхождений. Поэтому указанные в [1] величины нужно умножить на 1,25, а затем увеличить в два раза, и полученные значения установить в качестве допусков на погрешности.

В [1] указано, что **внешнее ориентирование и уравнивание сети считается законченным**, если на **опорных точках** остаточные средние расхождения координат не превышают **в плане 0,2 мм в масштабе карты**, а по **высоте 0,15 высоты сечения рельефа**.

На **контрольных точках** средние расхождения координат не должны превышать **в плане 0,3 мм в масштабе карты**, а по **высоте - значений долей высоты сечения рельефа, указанных в табл. 1.**

Таблица 1

Высота сечения, м	0,5		1	2	2,5	5	10
Доля сечения	0,2	0,25	0,2	0,25	0,25	0,35	0,35
	масштаб карты 1:500, 1:1000	масштаб карты 1:2000, 1:5000					

При этом в открытых районах удвоенные средние расхождения должны находиться в пределах 5% от общего количества точек, а в залесённых - в пределах 10%.

На **общих точках смежных маршрутов** средние расхождения координат не должны превышать **в плане 0,5 мм в масштабе карты (плана)**, а по **высоте - значений долей высоты сечения рельефа, указанных в табл. 2.**

Таблица 2


Высота сечения, м	0,5		1	2	2,5	5	10
Доля сечения	0,4 масштаб карты 1:500, 1:1000	0,5 масштаб карты 1:2000, 1:5000	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7

Установив допустимые величины, нажать кнопку **Уравнять**. После выполнения внешнего ориентирования и уравнивания нажать кнопку **Отчёт**. В отчёте у погрешностей измерений точек, которые превышают допустимые величины, будут стоять **звёздочки**. Эти точки нужно перемерить, а затем повторить уравнивание. Измерения нужно начинать со связующих точек, затем измерить опорные точки, а потом - контрольные. После устранения погрешностей на связующих точках нужно повторить уравнивание.

Если на **опорных точках** имеются погрешности, то прежде чем начинать их перемерять, нужно найти опорную точку, из-за которой, возможно, вышли из допуска измерения других опорных точек. При решении по методу наименьших квадратов погрешность на точке, измеренной с превышением предельной погрешности, может уменьшиться за счёт перемещения части её величины на другие точки. В результате погрешность измерения на этой точке может стать меньше допустимой, и точка «спрячется» среди остальных точек. В то же время на точке, измеренной с погрешностью, меньшей, но близкой к предельной, погрешность может превысить эту величину. Эта точка в отчёте будет помечена звёздочкой, но попытки перемерить её не приведут к желаемому результату. Чтобы найти точку, измеренную с превышением допуска, нужно «поиграть» с точками. Для этого опорную точку с максимальной погрешностью выделить на схеме или в таблице **Точки**. Затем в окне **Атрибуты точки** эту точку перевести из опорной в контрольную, нажав кнопку с чёрным треугольником. Повторить уравнивание и проанализировать полученный результат, а именно, на каких точках погрешности увеличились, а на каких уменьшились. Таким способом можно выявить точку, которую нужно перемерить.

Чтобы перемерить точку, необязательно выходить из этапа уравнивания и возвращаться на этап измерения точек. В окне **Атрибуты точки** имеется кноп-

ка **Измерить**. Если нажать на неё, то появятся изображения участков местности на всех снимках, где расположена данная точка. Выбрать левый снимок в качестве исходного, нажав красную букву **L**. На другом снимке или других снимках стереть измерения, нажав в их меню на кнопку **Удалить измерение точки**. После этого измерить точку с помощью коррелятора или в стереокомпараторном режиме и нажать кнопки **Применить** и **Ок**.

Выполнив внешнее ориентирование и уравнивание сети, если в отчёте нет точек, помеченных звёздочкой, нажать наверху кнопку **Сохранить**. При появлении надписи **Результаты сохранены** нажать в левом верхнем углу кнопку  **Выход** красновато-голубоватой окраски.

В результате построения фототриангуляционной сети каждый снимок получает свои элементы внешнего ориентирования в геодезической системе координат и можно приступать к построению цифровых моделей рельефа и ортофотопланов, векторизации объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. -М., ЦНИИГАиК, 2002, 100 с.
2. Краснопевцев Б.В. Фотограмметрия. Учебное пособие. –М. Издательство МИИГАиК, 2011. - 161 с.
3. Михайлов А.П., Чибуничев А.Г. Конспект лекций по курсу фотограмметрия. МИИГАиК, 2013. URL: <http://www.racurs.ru/?page=758>

Технологическая схема стереофототопографической съёмки

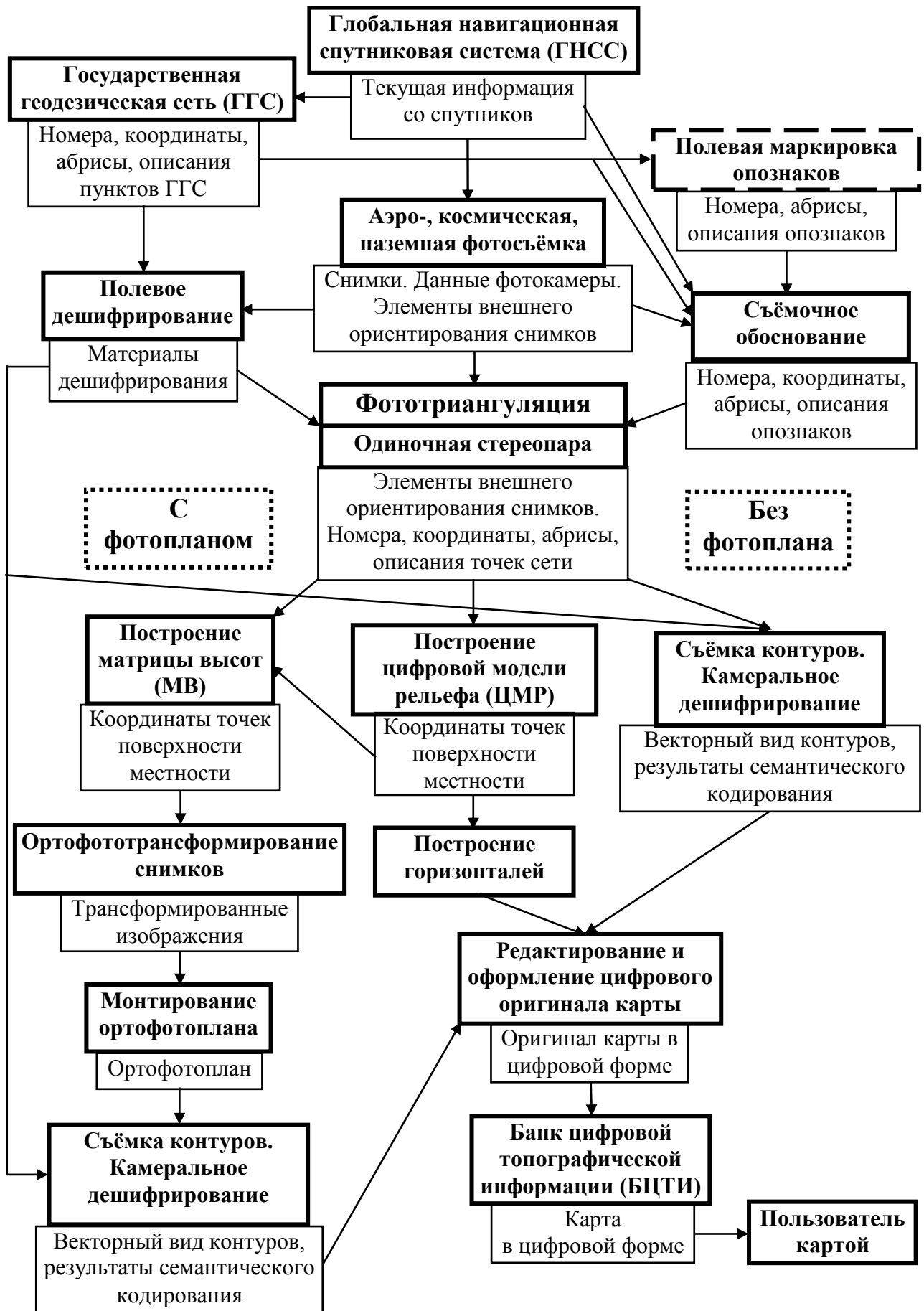
Технологии создания и обновления цифровых топографических карт в масштабах от 1:500 и мельче основаны на использовании **стереофототопографической съёмки**. На рисунке (см. след стр.) приведена технологическая схема укрупнённых процессов (показаны в утолщённых рамках), а также, какой вид продукции (показаны в тонких рамках) передаётся из одного процесса в другой. Далее даются краткие пояснения каждого процесса.

Глобальная навигационная спутниковая система – ГЛОНАСС (РФ), GPS (США), Galileo (ЕС), Бэйдоу (Китай) - позволяет во время проведения фотосъёмки получать в заданной системе координат элементы внешнего ориентирования снимков: координаты центров проекции снимков (X_S, Y_S, Z_S) и угловую ориентацию снимков (ω, α, κ), а также при выполнении съёмочного обоснования (сгущения опорной сети) координаты плановых и высотных опознаков.

Точки государственной геодезической сети (ГГС) - пункты триангуляции, нивелирования, полигонометрии - используются как опорные точки при создании съёмочного обоснования и фотограмметрической обработке снимков.

Снимки, полученные при **аэро-, космической** или **наземной фотосъёмке**, используются при полевом дешифрировании, создании съёмочного обоснования и фотограмметрической обработке снимков. Если во время проведения фотосъёмки использовалась ГНСС, то полученные **элементы внешнего ориентирования снимков** используют при фотограмметрической обработке снимков в качестве исходных опорных данных, если их точностные данные соответствуют точности создаваемой карты, или в качестве исходных приближённых значений.

Из-за разреженного расположения пунктов ГГС их дополняют **точками съёмочного обоснования (плановыми и высотными опознаками)** для обеспечения опорными точками последующего построения сетей **фототриангуляции**.



Проектирование количества и расположения опознаков производят с учё-

том масштаба создаваемой карты, установленной высоты сечения рельефа и точности фотограмметрического сгущения. Расстояния между опознаками определяют, исходя из допусков, установленных для внешнего ориентирования и уравнивания сети фототриангуляции. Определение координат опознаков выполняют после аэросъёмки. Имея на руках отпечатки аэроснимков, составляют проект расположения опознаков и методику определения их координат.

Если до аэросъёмки выполняют **маркировку опознаков на местности**, то работы по определению координат маркированных опознаков производят параллельно с аэросъёмкой, если она проводится сразу по окончании работ по маркировке. Опыт показывает, что точность наведения измерительной марки на точки, маркированные на местности, выше, чем на немаркированные точки или маркированные непосредственно на снимках. При этом наилучший эффект будет достигнут, если точки будут покрашены краской, дающей максимальное отражение света в той зоне спектра, для которой аберрации у объектива фотокамеры сведены до минимума. В этом случае изображение замаркированной точки будет наиболее чётким, и наведение на неё измерительной марки будет выполняться с точностью порядка 5-10 мкм.

В результате построения сетей **фототриангуляции** для каждого снимка определяют элементы внешнего ориентирования. Если во время съёмки с помощью ГНСС были определены элементы внешнего ориентирования снимков, но их точность ниже требуемой для создания карты заданного масштаба, то, как сказано выше, при построении сетей их величины используют в качестве исходных опорных данных.

По стереопарам выполняют построение **цифровой модели рельефа**, которую используют для **построения горизонталей**, а также **матрицы высот**, позволяющую учесть влияние рельефа при **ортофототрансформировании** снимков, которые используют для изготовления **ортофотопланов**.

Съёмку рельефа выполняют либо с использованием цифровой модели рельефа, по которой в автоматическом режиме строят горизонтали, либо их

прочерчивает оператор путём трассирования. Вторым способом используют при съёмке равнинной местности, когда в пределах рабочей площади стереопары имеет место небольшой перепад высот и, соответственно, небольшое количество горизонталей. В этом случае трассирование горизонталей займёт меньше времени, чем через построение ЦМР.

Съёмку контуров выполняют по фотоплану или по стереомодели местности. Фотопланы изготавливают на равнинные и всхолмленные районы, а также на сельские населённые пункты с малоэтажной застройкой. Стереорисовку контуров выполняют по снимкам горных и высокогорных районов, а также городских населённых пунктов с плотной многоэтажной застройкой.

Съёмка контуров связана с **дешифрированием аэроснимков**, которое выполняют преимущественно камерально, но дополняют полевым дешифрированием, которое осуществляют с наземных маршрутов. В труднодоступных районах в дополнение к дешифрированию с наземных маршрутов или взамен их выполняют **аэровизуальное дешифрирование с вертолёт, самолёт, мотодельтаплана или беспилотника**, пролетая над земной поверхностью на высотах 200-300 м. **Сплошное полевое дешифрирование** производят в крупных населённых пунктах и на участках, где много не дешифрируемых камерально топографических объектов.

После всех указанных операций выполняется **редактирование и оформление цифрового оригинала карты**, после чего он отправляется в **банк цифровой топографической информации (БЦТИ)**. Цифровая карта хранится на машинном носителе в БЦТИ в масштабе 1:1, т.е. в натуральных размерах, в основном, в метрах. Её точность должна соответствовать точности наиболее крупномасштабной карты в графическом виде, которую можно создать по данным снимкам. В БЦТИ **пользователь картой** приобретает её в цифровой форме и собственными средствами делает тираж в нужном количестве или заказывает этот тираж.

Краснопевцев Борис Викторович
Скрыпицына Татьяна Николаевна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по фотограмметрической обработке снимков на
цифровой фотограмметрической системе
PHOTOMOD5 Lite

Часть 1.

Формирование проекта.
Построение сети фототриангуляции

Подписано в печать 2015 Гарнитура Таймс.
Формат . Бумага . Печать .
Объем усл. печ. л.
Тираж экз. Заказ №

Издательство МИИГАиК.
105064, Москва, Гороховский пер., 4.
Отпечатано в типографии МИИГАиК