Федеральная служба геодезии и картографии России

СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
ГЕОИНФОРМАЦИИ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОДЕЗИИ
(Центр "Сибгеоинформ")

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ, НОРМЫ И ПРАВИЛА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ФОТОКОМ 1.1
ПРИ ФОТОТРИАНГУЛИРОВАНИИ

МИ УЯВИ 19.01-97

Новосибирск 1996

gost.e-ecolog.ru

АННОТАЦИЯ

УДК 528.735.2(083.93)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ФОТОКОМ 1.1 ПРИ ФОТОТРИАНГУЛИРОВАНИИ (проект), Новосибирск, 1996.-58 с.

Настоящие методические указания разработаны центром "Сибгеоинформ" по заказу Роскартографии впервые. Методические указания разработаны на основе анализа производственного опыта и выполненных экспериментальных исследований. Указания предназначены для инженерно-технического состава аэрогеодезических предприятий Роскартографии и могут использоваться при выполнении аналитического пространственного фотограмметрического сгущения с применением комплекса программ ФОТОКОМ 1.1.

Методические указания составлены канд. техн. наук С.С.Перловым под руководством д-ра техн. наук И.Т.Антипова.

Методические указания опробованы при опытно-производственной эксплуатации в ПО "Инжгеодезия", утверждены директором центра "Сибгеоинформ" и рекомендованы к передаче производственным организациям отрасли.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящие методические указания разработаны на основе анализа производственного опыта и выполненных экспериментальных исследований. Указания предназначены для инженерно-технического состава аэрогеодезических предприятий Роскартографии при выполнении **аналитического пространственного фотограмметрического сгущения** (далее - фотограмметрического сгущения) с использованием комплекса программ (КП) ФОТОКОМ 1.1.

1.2 Методические указания разработаны в дополнение к программному документу "SU 589.257 085 4.00293-01 13 01 Комплекс программ для технологической обработки фотограмметрических измерений на профессиональных ПЭВМ. ФОТОКОМ 1.1. Описание программы. Описание применения. Части 1, 2, 3 и 10" (далее - "Описание ФОТОКОМ") и содержат рекомендации по

- учёту возможностей и требований КП ФОТОКОМ 1.1 при проектировании и выполнении аэрофотосъемочных работ, полевой подготовке аэрофотоснимков (далее - снимков), камеральных подготовительных работах и измерении снимков;
- выбору способов уравнивания в зависимости от конкретных особенностей исходных данных и фототриангуляционной сети;
- анализу протоколов счёта, выявлению грубых погрешностей исходных данных;
- оценке качества пространственной фототриангуляционной сети на основных этапах её построения и уравнивания.

1.3 Методические указания разработаны в дополнение "Инструкции по фотограмметрическим работам при создании топографических карт и планов" (М.: Недра, 1974) и "Руководства по обновлению топографических карт" (М.: Недра, 1978) в части регламентации выполнения аналитического фотограмметрического сгущения с использованием КП ФОТОКОМ 1.1.

1.4 Основные понятия и термины, использованные в методических указаниях, приведены в разделе 2.

2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Фотограмметрическое сгущение является одним из основных технологических процессов комплекса топографо-геодезических работ по аэрофототопографической съемке, координировании объектов местности и при создании съёмочной геодезической сети.

2.2 В процессе технического проектирования аэрофототопографической съёмки должны быть определены ее основные характеристики:

- точность картографирования;
- масштаб аэрофотосъемки;
- фокусное расстояние АФА;
- точность опознаков;

- точность фотограмметрического сгущения,

и технология работ. Расчёты по обоснованию технологии рекомендуется выполнять в соответствии с "Методическими указаниями по использованию комплекса программ ФОТОКОМ 1.1 при техническом проектировании (проект)."

2.3 *Исходными материалами* для фотограмметрического сгущения являются материалы *аэрофотосъёмки* и *подготовки снимков*.

В отдельных случаях процесс полевой подготовки снимков может выполняться параллельно стереоизмерениям, но обязательно до вычислительной обработки. В случае использования данных определения в полёте пространственных координат центров проектирования с помощью спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС, процесс подготовки снимков может быть существенно сокращён и даже исключён.

При обновлении карты процесс полевой подготовки снимков заменяется либо на камеральную подготовку снимков (см. 4.3.5), либо исключается (см. 3.1.5), за счёт использования материалов подготовки снимков и фотограмметрического сгущения, выполненных при создании обновляемой карты.

2.4 Технологический процесс фотограмметрического сгущения включает следующие субпроцессы:

- подготовительные работы;
- стереоизмерения;
- вычислительная обработка (уравнивание измерений);
- выдача результатов (фотограмметрического сгущения).

2.5 *Результатом* фотограмметрического сгущения *является фототриангуляционная сеть*. Точки фототриангуляционной сети могут быть обозначены только на снимках (*точки снимков*) или опознаваемы и на снимках и на местности (*точки местности*).

Точки снимков приурачивают к любым отождествляемым деталям фотоизображения. Точки местности относятся к топографическим или иным объектам, положение которых должно быть зафиксировано в процессе аэрофототопографической съёмки.

Точки фототриангуляционной сети подразделяются на *опознаки, сетевые* и *определяемые*. Опознаками могут быть как точки местности, так и точки снимков, переопознанные из других, ранее построенных, фототриангуляционных сетей. Сетевые точки служат для объединения отдельных звеньев сети в маршруты и блоки. Сетевыми точками *являются связующие* и *общие* (перекрывающихся маршрутов) точки. Сетевые точки, как правило, являются точками снимков. На сетевые точки наблюдения выполняются, как минимум, в двух стереопарах. Поэтому пространственные координаты их более надёжные и процентов на двадцать более точные. Определяемыми точками, в зависимости от вида топографо-геодезических работ, могут быть точки: *трансформационные, опорные для стереорисовки или иных фототриангуляционных сетей, характерные и координируемые точки (контуры) местности, контрольные для создания фотоплана, стереорисовки или оценки точности обновляемой карты, точки (замаркированные пункты) геодези-*

ческого съемочного обоснования, граничные точки земельных участков и др. Определяемые точки и опознаки с целью повышения их точности, по-возможности, совмещаются с сетевыми точками.

Примечание - здесь и далее термин *карта* включает:

а) понятие *план*, как очень крупномасштабную карту;

б) её разновидности по содержанию (топографическая, тематическая, сельскохозяйственная, кадастровая и др.), если при их создании или обновлении выполняется фотограмметрическое сгущение;

в) её разные формы: графическую (оригинал) и цифровую карту, а также цифровую модель местности.

При фотограмметрическом сгущении кроме вышеуказанных точек при взаимном ориентировании снимков наблюдаются и обрабатываются *ориентировочные точки*. Ориентировочные точки - это стереоскопически хорошо просматриваемые точки снимков, приуроченные к стандартным зонам. Результаты стереоизмерений на ориентировочных точках являются основными данными для построения элементарных звеньев фототриангуляционной сети или отдельных свободных геометрических моделей. В принципе ориентировочные точки могут не являться точками фототриангуляционной сеги, но часто совмещаются со связующими.

Особенность КП ФОТОКОМ 1.1 заключается в том, что в нём на всём протяжении вычислительного процесса сохраняется и используется весь состав стереоскопических и других измерений. При этом каждая точка участвует в уравнивании элементарного звена, маршрута или блока и оказывает своё влияние на точность окончательных результатов.

На основе фототриангуляционной сети формируются и выдаются *установочные элементы для фототрансформаторов и аналоговых стереофотограмметрических приборов, управляющие файлы для вычерчивания на графопостроителе трансформационных основ или основ для стереорисовки, каталоги геодезических координат (и высот) точек фототриангуляционной сети.*

2.6 Фотограмметрическое сгущение является измерительным процессом и основным свойством, имеющим наибольшую значимость при проектировании и выполнении, а также при использовании его результатов, является точность.

2.6.1 *Точность определяемых точек* фототриангуляционной сети зависит от

- *параметров аэрофотосъемки;*
- *параметров фототриангуляционной сети;*
- *точности исходных измерительных данных;*
- *методики построения и уравнивания сети.*

2.6.2 К параметрам аэрофотосъемки относятся:

- масштаб аэрофотосъёмки;
- фокусное расстояние аэрофотоаппарата (АФА);
- базис фотографирования, зависящий от формата снимков и их продольного перекрытия;
- поперечное перекрытие снимков.

2.6.3 К параметрам фототриангуляционной сети относятся:

- количество снимков в маршрутных сетях (маршрутах);
- количество маршрутов в блочной сети (блоке);
- количество и расположение каркасных маршрутов;
- количество и стандартность расположения сетевых точек;
- количество и схема расположения опознаков в маршрутах или блоке.

2.6.4 Точность исходных измерительных данных определяется
- *точностью стереоизмерений*
- наличием и полнотой *данных о систематических погрешностях* аэрофотоаппарата (АФА) и измерительного прибора (СК);
- *точностью опорных измерительных данных.*

2.6.5 Точность стереоизмерений определяется
- измерительным качеством снимков;
- погрешностями, обусловленными процессом изготовления диапозитивов;
- прогрешностями обозначения (накола) точек;
- случайными погрешностями оператора и измерительного прибора.

2.6.6 Опорные измерительные данные включают
- бортовые данные, регистрируемые в процессе аэрофотосъемки;
- опознаки;
- данные независимой подготовки снимков.

2.6.7 Бортовые данные включают
- координаты центров проектирования, получаемые с использованием самолетной радиогеодезической (РГС) или спутниковой навигационной (GPS или ГЛОНАСС) систем, в принятой системе координат;
- высоты центров проектирования относительно изобарической поверхности, для краткости именуемые "показания статоскопа";
- высоты центров проектирования относительно уровенной поверхности в принятой системе высот, для краткости именуемые "GPS-отметки";
- расстояния от центров проектирования до ближайших точек земной поверхности, расположенных вблизи точки надира. Эти расстояния для краткости именуемые "показания радиовысотомера".

2.6.8 Данные независимой (наземной) подготовки снимков включают
- номер уровенной поверхности (до 9) и номера принадлежащих ей точек местности;
- измеренные длины линий;
- измеренные азимуты линий;
- измеренные превышения между концами линий;
- номера опознаков, образующих линии.

2.7 Точность определяемых точек и ряда исходных данных характеризуется *средней погрешностью*. *Предельное значение погрешности* принято равным удвоенному значению средней погрешности. Это соответствует вероятности 0.9, при которой до 10 % от числа случайных погрешностей, при их нормальном распределении, могут находиться в интервале между двумя и четырьмя значениями средней погрешности.

2.8 При расчетах и оценке точности используются:

а) *средняя* (V) и *средняя квадратическая*(m) погрешности, находящиеся в соотношении

$$m=1.25V; \quad (1)$$

б) погрешности в метрах на местности положения (в плане) точек (MS) и плановых координат (MX и MY), находящиеся в соотношении

$$MS=(MX^2+MY^2)^{0.5}; \quad (2)$$

в) погрешности положения точек в миллиметрах в масштабе карты (Ms) и в метрах на местности (MS), находящиеся в соотношении

$$Ms=MS/M, \quad (3)$$

где M - знаменатель масштаба карты, выраженный в тысячах.

2.9 Для характеристики точности исходных измерительных данных на разных этапах фототриангулирования используются определения

- заданная (ожидаемая, расчётная) точность - на этапе задания и технического проектирования;
- устанавливаемая точность - на этапе вычислительной обработки используется для формирования технических допусков;
- фактическая точность - вероятностная оценка точности по результатам уравнивания на этапах контроля и оценки качества.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ И ДАННЫМ

При рабочем проектировании и выполнении аэрофотосъёмки и подготовки снимков необходимо соблюдение перечисленных ниже требований. Выбранный с учётом этих требований вариант аэрофотосъёмки и подготовки снимков следует проверить при рабочем проектировании на соответствии заданной точности фотограмметрического сгущения по методике, изложенной в "Методических указаниях по использованию комплекса программ ФОТОКОМ 1.1 при техническом проектировании".

3.1 Требования к аэрофотосъёмке

3.1.1 Аэрофотосъёмка должна выполняться в соответствии с параметрами и условиями Технического проекта на топографо-геодезические работы по конкретному объекту и с соблюдением технических требований, изложенных в "Основных положениях по аэрофотосъёмке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. ГКИНП-09-32-80".

3.1.2 С целью повышения измерительного качества снимков в дополнительных условиях к договору на аэрофотосъёмку следует ужесточать требование к допустимому значению расчётного линейного сдвига фотоизображения, которое не должно превышать 0.02 мм для масштабов 1:5000 и

мельче.

Данное требование обеспечивается либо применением аэрофотоаппарата с компенсацией сдвига фотоизображения, либо соблюдением максимально допустимой выдержки при аэрофотографировании, рассчитываемой по формуле:

$$t=d_x * m_a / 278W, \qquad (4)$$

где t - максимально допустимая выдержка, с;

d_x - допустимое значение расчётного линейного сдвига фотоизображения, мм;

m_a - знаменатель масштаба аэрофотосъёмки;

W - скорость носителя АФА относительно местности, км/ч.

Для обеспечения максимально допустимой выдержки необходимо проводить сенситометрические испытания аэрофотоплёнки и использовать аэроэкспонометры.

Для обеспечения возможности контроля линейного сдвига необходимо включать в дополнительные условия договора на аэрофотосъёмку требование регистрации в середине каждого маршрута фактической путевой скорости полёта по индикатору доплеровского измерителя и выдачи её значения в Паспорте аэрофотосъёмки.

3.1.3 Топографический радиовысотомер РВ-18Ж и равноточные ему следует использовать при аэрофототопографической съёмке равнинной и холмистой местности с основной высотой сечения рельефа не менее 2.5 м и горной местности - не менее 5 м.

Статоскопы С-51М, ТАУ-М и равноточные им следует использовать при аэрофототопографической съёмке с основной высотой сечения рельефа не менее 2 м.

Показания спутниковой навигационной системы могут использоваться при условии, что их точность вдвое превышает заданную точность картографирования.

3.1.4 Площадная аэрофотосъёмка выполняется в заданных границах объекта картографирования с заданными продольным и поперечным перекрытиями снимков. Маршрутная аэрофотосъёмка и аэрофотосъёмка по каркасным маршрутам выполняется по заданным направлениям с заданным продольным перекрытием.

3.1.5 При обновлении карты и наличии сохранившихся материалов фотограмметрического сгущения, в виде результатов измерений и снимков с обозначениями опознаков и точек сети, новую аэрофотосъёмку рекомендуется выполнять с направлением маршрутов перпендикулярно маршрутам аэрофотосъёмки, выполненной при её создании. После переопознавания достаточного количества точек ранее развитой сети на новых снимках, выполнения стереоизмерений и построения новых свободных маршрутных сетей, возможно построение и уравнивание блока с взаимно-перекрёстными маршрутами.

3.1.6 Наибольшая (рациональная) длина аэросъёмочного маршрута в километрах, отдельного или в пределах съёмочного участка, в соответс-

твии с "Руководством по аэрофотосъёмочным работам" (М.: Воздушный транспорт, 1988) рассчитывается по формуле

$$L_{18}=2m_a/1000 \qquad (5)$$

и соответствует протяжённости фототриангуляционной сети в 28 стереопар при формате снимка 18 см и заданном продольном перекрытии снимков 60%. При формате снимка 23 см

$$L_{23}=2.5m_a/1000. \qquad (6)$$

Фактическое продольное перекрытие не должно превышать 64 %. Иначе количество стереопар в маршрутной сети превысит допустимое значение (30 стереопар) для обработки с использованием КП ФОТОКОМ 1.1.

Поэтому значения наибольшей длины аэросъёмочного маршрута и допустимого продольного перекрытия должны быть оговорены в дополнительных условиях договора на аэрофотосъёмку.

3.1.6 При площадной аэрофотосъёмке стыки аэросъёмочных маршрутов разных съёмочных участков совмещаются с границами листов карты (трапеций).

3.1.7 Перезалёт следует, по возможности, выполнять с применением того же АФА, который использовался при основной аэрофотосъёмке.

3.2 Требования к подготовке снимков

3.2.1 Подготовка снимков должна выполняться с соблюдением технических требований, изложенных в "Инструкции по топографическим съёмкам в масштабах 1:10000 и 1:25000. Полевые работы." (М.: Недра, 1978) или "Инструкции по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. ГКИНП-02-033-82." (М.: Недра, 1985), и конкретизированных в виде схемы расположения опознаков и условиями Технического проекта на топографо-геодезические работы по конкретному объекту.

3.2.2 При подготовке снимков должны соблюдаться следующие общие правила:

- объект картографирования должен располагаться внутри многоугольника, образованного линиями, соединяющими крайние опознаки;
- опознаки должны уверенно опознаваться на всех перекрывающихся снимках;
- опознаки следует располагать от края снимка на расстоянии не менее допустимого. Допустимое расстояние в зависимости от изобразительных свойств и ортоскопичности объектива АФА принимается от 20 до 5 мм;
- для внешнего ориентирования отдельной маршрутной сети опознаки, по возможности, следует располагать на большем удалении от оси маршрута. В пределах фототриангуляционного блока опознаки располагаются посередине межмаршрутного, поперечного перекрытия независимо от его зна-

чения.

3.2.3 При маршрутной аэрофотосъёмке планово-высотные опознаки располагаются по стандартной схеме - попарно по разные стороны от оси маршрута в зоне тройного продольного перекрытия снимков (и на наиболее возможном удалении от оси маршрута). Пары опознаков располагаются на первой и последней стереопарах маршрута за границами территории картографирования. Внутри маршрута расстояние между парами опознаков равно длине секции, выражаемой в масштабе карты (в см), на местности (в км) или в количестве базисов фотографирования. Длина секции принимается в соответствии с вышеуказанными (см. 3.2.1) Инструкциями или обосновывается в результате моделирования фототриангуляционной сети в соответствии с "Методическими указаниями по использованию комплекса программ ФОТОКОМ 1.1 при техническом проектировании (проект)." Минимальная длина секции три базиса.

Отдельные короткие маршруты, состоящие из двух-четырёх стереопар, обеспечиваются пятью опознаками, расположенными по схеме "конверт".

3.2.4 Применение сплошной подготовки снимков не рекомендуется. Фотограмметрическое сгущение на основе разреженной подготовки снимков позволяет проконтролировать опознаки, выявив и отбраковав содержащие грубые погрешности, и создать равноточную, надёжную, требуемой густоты сеть стандартно расположенных точек сгущения.

3.2.5 При больших размерах объекта картографирования его следует разделять на отдельные блоки фототриангуляции. В блок, по организационным соображениям, рекомендуется включать не более 12-15 маршрутов. При необходимости можно включать до 31 маршрута. Протяжённость маршрутов, включаемых в блок, не более 25 стереопар при техническом и не более 30 стереопар при рабочем проектировании. Границы блока следует совмещать с рамками групп листов карты, по которым будут формироваться при сдаче и поступать на вычислительную обработку материалы подготовки снимков, а затем формироваться материалы фотограмметрического сгущения.

По границам объекта и блока, параллельным направлению маршрутов аэрофотосъёмки, расстояния между опознаками должны быть вдвое меньше принятых для маршрутов внутри блока.

Стереопары и маршруты, расположенные по границам смежных блоков, следует включать в обработку в обоих блоках. Расположение опознаков на них должно надежно и однозначно обеспечивать такую обработку.

С целью повышения геометрического качества фототриангуляционной сети, связующие и общие точки между стереопарами, маршрутами и блоками следует располагать, по-возможности, в два ряда.

Стыки маршрутов и изображения водных пространств, вызывающие фотограмметрические разрывы, обеспечиваются дополнительными опознаками.

3.2.6 Наилучшие результаты при уравнивании фотограмметрической сети, включая выявление опознаков с грубыми погрешностями, достигаются при стандартном расположении опознаков. Однако при большом запасе точ-

ности возможны значительные отклонения от стандартной схемы, особенно плановых опознаков, из-за невозможности опознавания контуров на фотоизображении пашни, леса, болота и т.п. малоконтурных территорий. Отклонения допустимы в широких пределах, вплоть до того, что отдельные маршруты внутри блока могут быть не обеспечены опознаками. Однако крайние в блоке маршруты должны иметь надёжное обеспечение.

3.2.7 При повышенных требованиях к точности высот точек сети колонки планово-высотных опознаков чередуются с колонками высотных опознаков.

При плановом сгущении плановые опознаки должны иметь высоты, необходимые для приближённого горизонтирования фототриангуляционной сети. Средняя погрешность определения их высот рассчитывается по формуле

$$VOZ_{п} = 0.17(VS * L_{m})^{0.5}, \qquad (7)$$

где VS - заданная средняя погрешность картографирования положения точек в метрах на местности;

L_{m} - минимальное расстояние между опознаками, м. Обычно принимаемое равным полезной ширине маршрута и вычисляемое по формуле

$$B_{y} = l * m_{a}(100 - P_{y})/10^{4}, \qquad (8)$$

где l - формат снимка, см;

P_{y} - расчётное поперечное перекрытие снимков, проценты.

Пример - Заданная средняя погрешность картографирования положения точек VS=0.14 м. Формат снимков 18 см; масштаб аэрофотосъёмки 1:5000; расчётное поперечное перекрытие снимков для равнинной местности 40 %. Расстояние между опознаками L_{m}=540 м и средняя погрешность определения высот плановых опознаков не более 1.48 м. Таким образом, высоты плановых опознаков могут быть определены с использованием карты с основным сечением рельефа не более 5 м.

3.2.8 При незначительном запасе точности и на участках малоконтурной местности, в целях повышения геометрического качества фототриангуляционной сети необходимо прокладывать каркасные маршруты. Отдельные каркасные маршруты обеспечиваются опознаками по стандартной схеме одиночных маршрутов. Если каркасные маршруты перекрываются, то требования к стандартности схемы расположения опознаков существенно снижаются.

3.2.9 При наличии данных GPS/ГЛОНАСС фототриангуляционная блочная сеть может быть построена и уравнена без опознаков. Однако при этом не выявляются систематические погрешности аэрофотосистемы. Неполный учёт указанных погрешностей и неточное знание элементов внутреннего ориентирования АФА обуславливают систематические искажения высот точек сети и её масштаба. Для предотвращения искажений сети наряду с координатами и высотами центров проектирования необходимо определять на блок среднего размера (15 стереопар на 10 маршрутов) не менее пяти планово-вы-

сотных опознаков, располагая их по схеме "конверт". При большем размере блока и повышенных требованиях к точности точек сети количество опознаков увеличивается, в первую очередь, в середине его сторон и затем за счёт равномерного расположения по территории блока.

3.2.10 Выбор опознаков возможен в поле в пределах запроектированных зон или камерально по стереомодели. В последнем случае рекомендуется намечать группы из двух-трёх проектных опознаков, которые должны быть найдены и геодезически определены в поле.

3.2.11 В качестве планово-высотных и плановых опознаков выбираются контурные точки, которые можно уверенно опознать в плане на снимках стереопары с точностью стереоизмерений.

Высотные опознаки выбираются на надёжно опознаваемых контурах. Погрешности в опознавании точки на местности и отождествлении её на стереомодели не должны приводить к погрешности в высоте точки более 0.7 от заданной средней погрешности высот опознаков.

Выбранные опознаки оформляются на контактных отпечатках с зарисовкой и описанием на обратной стороне отпечатка.

3.2.12 *При отсутствии на местности* чётких контуров, опознаваемых на снимках с погрешностями не более указанных в 3.2.11, следует выполнять маркировку плановых опознаков малоразмерными *маркировочными знаками*. Могут маркироваться точки, координаты которых предполагается определить при фотограмметрическом сгущении.

Рабочий проект размещения маркированных опознаков составляется на основе рабочего проекта аэрофотосъёмки на картматериале, масштаб которого не более чем вдвое мельче масштаба аэрофотосъёмки.

Размер маркировочного знака - не более 2 диаметров марки измерительного прибора в *масштабе аэрофотосъёмки*. Маркировочный знак должен быть симметричным, обеспечивать (физическую) сохранность и наибольший контраст с подстилающей поверхностью (фоном)на период аэрофотосъёмки. Наиболее надёжное опознавание обеспечивает форма знака в виде креста. Середину знака можно не обозначать. Соотношение ширины к длине отдельного луча не менее 1:3. В центре симметрии знака устанавливается геодезический центр временного закрепления со средней погрешностью не более 0.7 от заданной погрешности геодезического определения опознаков. Расположение маркированного опознака должно гарантировать, что при аэрофотосъёмке он не будет закрыт кронами деревьев, тенями и перспективными изображениями местных предметов.

Местоположение замаркированного опознака фиксируется на картматериале рабочего проекта размещения опознаков и на зарисовке в журнале маркировки. Зарисовка должна обеспечивать после выполнения аэрофотосъёмки уверенное опознавание на снимках маркированого знака по окружающим его местным предметам.

3.2.13 При обновлении карт для внешнего ориентирования маршрутных и блочных сетей используются, как правило, старые опознаки, т.е. опорные точки, полученные *при создании обновляемой карты*, и, как исключение, могут использоваться уверенно сохранившиеся чёткие контурные точ-

ки и подписанные высоты характерных точек местности.

4 ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Подготовительные работы включают

- изучение (анализ) исходных материалов;
- подготовку материалов и данных;
- рабочее проектирование фототриангуляционной сети.

4.1 Изучение исходных материалов

4.1.1 Изучение и анализ исходных материалов выполняется с целью определения возможности и условий достижения требований Технического проекта к результатам всего комплекса топографо-геодезических работ (или только процесса фотограмметрического сгущения) с учётом фактических характеристик исходных материалов. Из всего множества характеристик исходных материалов оцениваются

- комплектность материалов;
- соответствие выполненных аэрофотосъёмки и подготовки снимков требованиям и условиям Технического и Рабочего проектов;
- обеспеченность заданной площади работ (объекта);
- точность данных.

4.1.2 Комплект материалов аэрофотосъёмки, принятых в соответствии с требованиями ГКИНП-09-32-80 и необходимых для фотограмметрического сгущения, включает:

- аэрофильмы (в неразрезанном виде);
- контактные отпечатки (с аэронегативов);
- репродукции накидных монтажей;
- топографические карты с проектом заданных и фактических границ аэрофотосъёмки и осей маршрутов;
- плёнки регистрации показаний специальных приборов или дискеты (файлы на винчестере) регистрации спутниковых данных для центров проектирования. В последнем случае должны быть представлены данные для приведения пространственных координат приёмной антенны к центру проектирования;
- паспорта аэрофотосъёмки;
- выписки из формуляров аэрофотоаппаратов и специальных приборов;
- справки фотолаборатории

и др.

Просмотром для указанных материалов проверяется их качество и полнота заполнения сопроводительной документации.

4.1.2.1 Проверка обеспеченности снимками картографируемой территории осуществляется при сличении репродукций накидного монтажа и топографической карты с заданными границами. При этом составляется цифровая схема расположения снимков, подлежащих стереофотограмметрической обработке.

4.1.2.2 В "Выписке из формуляра аэрофотоаппарата" проверяется величина и характер некомпенсируемой радиальной дисторсии, а также координаты меток прикладной рамки. В случае отсутствия координат меток следует затребовать контрольный негатив (на стекле) прикладной рамки АФА.

4.1.3 При изучении материалов аэрофотосъёмки проверяется фотограмметрическое и фотографическое качество снимков с точки зрения влияния его на рабочее проектирования фототриангуляционной сети, измерения и вычислительную обработку.

4.1.3.1 Проверяемые в соответствии с ГКИНП-09-32-80 показатели фотограмметрического качества касаются:

- выдерживания заданного направления или обеспеченности границ объекта;
- прямолинейности маршрутов в плане и по высоте;
- перекрытий снимков и маршрутов;
- углов наклона и разворота снимков.

4.1.3.1.1 Для снимков, полученных АФА, не имеющими устройств компенсации сдвига изображения, оценивается фактическое значение расчётного линейного сдвига изображения (d_x'), который не должен превышать заданное в договоре значение (см. 3.1.2). Расчёт выполняется по формуле

$$d_x' = 278 W' * t' / m_a \qquad (9)$$

с использованием данных об экспозиции (t') из "Справки фотолаборатории" и путевой скорости полёта по маршрутам (W') из "Паспорта аэрофотосъёмки".

4.1.3.1.2 С использованием аэронегативов, имеющих сетку крестов, исследуется и оценивается качество выравнивания и наличие искажений фотоизображения, возникающих из-за нарушения технологии сушки аэрофильма. Исследование производится по методике, изложенной в "Руководстве по фотографическим работам. ГКИНП-02-190-85".

Обнаружение искажений, вдвое превышающих ожидаемую среднюю квадратическую погрешность измерений параллаксов (Мху), является основанием для предъявления претензий организации, выполнившей аэрофотосъёмку, по факту скрытого брака, если такое предусматривалось в условиях договора.

4.1.3.2 Фотографическое качество снимков, при наличии сенситометрического и денситометрического оборудования, проверяется в соответствии с ГКИНП-09-32-80 по сенситометрическим и градационным показателям:

- коэффициент контрастности и плотность вуали, определяемые по изображению оптического клина;
- оптическая плотность: интегральная (по кадру), максимальная и минимальная, определяемые путём фотометрических измерений.

В связи с отсутствием указанного оборудования разрешается градационные показатели (максимальная и минимальная плотность) оценивать

визуальным сопоставлением с эталонами, представленными Заказчиком, с разделением аэронегативов по качеству на хорошие, удовлетворительные и неудовлетворительные.

Выборочным просмотром с двенадцатикратным увеличением проверяется резкость и хорошая проработанность изображения по всему полю аэронегативов.

4.1.4 Комплект материалов подготовки снимков, принятых в соответствии с "Инструкциями по топографической съёмке" (см. 3.2.1) и необходимых для фотограмметрического сгущения, включает:

- репродукции накидного монтажа с проектом подготовки снимков или картматериал с проектом маркировки;
- контактные отпечатки с обозначениями опознаков или журналы маркировки;
- отчётные репродукции накидного монтажа или картматериал с исполненным проектом маркировки;
- каталог координат и высот опознаков.

4.1.5 При изучении и оценке материалов подготовки снимков

- оценивается качество опознавания и оформления опознаков;
- контролируется правильность размещения опознаков в пределах маршрутов и блока.

Изучению и оценке подлежат все опознаки. Опознаки, расположенные на нечётких контурах, не обеспечивающих требуемую точность опознавания, бракуются. Результаты оценки фиксируются на отчётной репродукции накидного монтажа.

С учётом отбракованных опознаков проверяется обеспеченность маршрутов и блока. По результатам проверки принимается решение о доработке подготовки снимков или выполнении фотограмметрического сгущения. При этом принимается во внимание то, что наиболее полный и объективный контроль опознаков с выявлением погрешности опознавания и геодезического определения их, возможен только в процессе сгущения.

4.2 Подготовка материалов и данных

Подготовка материалов и данных включает

- изготовление диапозитивов;
- подготовка комплекта контактных отпечатков;
- обработка показаний бортовых приборов;
- камеральная подготовка снимков (при обновлении);
- перевычисление координат.

4.2.1 В целях стабилизации возникающих в аэрофильме линейных деформаций с него рекомендуется изготавливать диапозитивы на фотопластинках или фототехнической плёнке с малодеформирующейся (полиэтилентерефталатной) основой. Диапозитивы изготовливают только на снимки, подлежащие стереоизмерениям. При составлении заявки на изготовление диапозитивов используют цифровую схему расположения снимков (см. 4.1.2.1 или 4.3.1).

Изготавливают диапозитивы в соответствии с требованиями "Руководства по фотографическим работам. ГКИНП-02-190-85". Однако проверять на плоскостность и по этой причине отбраковывать фотопластики не целесообразно.

4.2.2 Для рабочего проектирования фотограмметрического сгущения и последующих работ по аэрофототопографической съёмке необходим полный комплект контактных отпечатков, соответствующий изготовленным диапозитивам. В качестве его следует либо взять комплект, использованный для подготовки снимков, либо изготовить специально для рабочего проектирования сгущения дополнительный комплект контактной печати.

4.2.3 Обработка показаний бортовых приборов выполняется в соответствии с "Руководством по эксплуатации" этих приборов.

При обработке показаний статоскопа, радиовысотомера и радиодальномерной системы, кроме того, следует руководствоваться требованиями "Инструкции по фотограмметрическим работам при создании топографических карт и планов. (М.: Недра, 1974)".

Вычислительная обработка данных спутниковой навигационной системы выполняется с использованием программного обеспечения этой системы. Обработка должна включать определение пространственного положения носителя АФА в моменты фотографирования системе координат и высот наземных станций. Обычно при этом пространственные координаты приёмной антенны приводятся к центру проектирования. Если приведение не выполнено на этапе подготовки, то оно может быть осуществлено при вычислительной обработке с использованием КП ФОТОКОМ 1.1. Для этого необходимы редукции антенны относительно объектива АФА

- вдоль оси самолета;
- поперек оси самолета;
- по вертикали самолета,

а также угол сноса самолета из-за влияния бокового ветра.

4.2.4 Камеральная подготовка снимков выполняется при обновлении карт, если по техническому проекту предусмотрено фотограмметрическое сгущение, в том числе для оценки качества основного исходного картографического материала и пригодности его для обновления.

4.2.4.1 Для камеральной подготовки снимков используются сохранившиеся от прежних лет материалы

- аэрофотосъёмки (аэрофильм);
- полевой подготовки снимков (контактные отпечатки с обозначениями опознаков, отчётные репродукции накидного монтажа, каталог координат и высот опознаков);
- фотограмметрического сгущения (контактные отпечатки с наколами фотограмметрических точек, схема проекта фотограмметрического сгущения с пометками его выполнения, протоколы вычислительной обработки);
- составительские оригиналы (в графическом или цифровом виде) и их формуляры.

Далее вышеперечисленные материалы будем характеризовать, как старые, в отличии новых материалов (аэрофотосъёмки и фотограмметрического

сгущения), создаваемых в процессе обновления. Старые материалы могут относиться как к обновляемой карте, так и другим картам равного или более крупного масштаба, независимо от времени производства работ. Обязательное условие - работы должны быть выполнены в одних системах координат и высот.

4.2.4.2 Используя старые материалы фотограмметрического сгущения отбраковываются старые опознаки, в которых ранее обнаружились грубые погрешности опознавания или геодезического определения. Доброкачественные старые опознаки обозначаются на новых репродукциях накидного монтажа. Сличением новых и старых контактных отпечатков определяется возможность переопознавания старого опознака на новых снимках с требуемой точностью. Переопознаваемые и непереопознаваемые старые опознаки обозначаются различными условными значками с сохранением их старых идентификаторов (номеров, названий).

4.2.4.3 По завершению переноса старых опознаков на новые репродукции накидного монтажа оценивается обеспеченность опознаками участка картографирования и его границ в соответствии с требованиями 3.2.

4.2.4.4 При недостаточной обеспеченности так же, как старые опознаки, опознаются и обозначаются на новых репродукциях накидного монтажа точки старой фототриангуляционной сети (общие и связующие). При этом используются старые контактные отпечатки с их наколами.

4.2.4.5 В случае отсутствия старых материалов фотограмметрического сгущения или их недостатка, возможно, как исключение, использовать в качестве камеральных опознаков уверенно опознаваемые на новых снимках сохранившиеся чёткие контурные точки и подписанные высоты характерных точек местности. Число таких опознаных точек должно быть увеличено в три-пять раз по сравнению с расчётным количеством опознаков и располагаться они должны равномерно по участку заменяемого ими опознака.

4.2.4.6 Координаты уверенно опознанных на новых снимках чётких контурных точек и подписанных высот снимаются с цифровой карты или с графического составительского оригинала и фиксируются соответственно в файле или каталоге координат и высот опознанных точек.

4.2.4.7 Для включения в новую фототриангуляционную сеть непереопознаваемых старых опознаков и точек сгущения необходимо развитие вспомогательных сетей по старым снимкам.

Во вспомогательные сети включаются, кроме старых опознаков и точек сгущения, контурные точки, общие с новыми снимками (с новой фототриангуляционной сетью). Количество таких общих точек - не менее четырёх, и располагаться они должны по периметру вспомогательной сети. Размер вспомогательной сети определяется возможностью выбора общих точек. В простешем случае эта сеть может состоять их одной стереопары.

Если аэрофильм разрезан, то можно использовать непосредственно аэронегативы. В противном случае следует изготовить перед рабочем проектированием и измерениями диапозитивы в соответствии с 4.2.1.

При вычислительной обработке вспомогательные сети включаются как

отдельные залёты в совместное уравнивание с новой фототриангуляционной сетью. При полиномном и мультиплексном уравнивании блока количество обрабатываемых залётов не ограничено.

4.2.5 Если координаты старых опознаков приведены в условной системе координат, то необходимо их перевычисление в систему координат картографирования.

4.3 Рабочее проектирование фототриангуляционной сети

4.3.1 Уточнение границ фототриангуляционных блоков и определение концевых снимков маршрутных сетей выполняется с использованием отчётных репродукций накидного монтажа. При этом устанавливаются возможные изменения в ранее принятой разбивке объекта на блоки фототриангуляции. При этом решающее значение имеет расположение опознаков.

Затем с помощью комплекта контактных отпечатков устанавливают начальные и конечные номера снимков каждой маршрутной сети. Начальные и конечные - это самые крайние снимки маршрутной сети, на которые ещё попадают опорные точки.

В смежных блоках расположенные на продолжении маршрутов маршрутные сети будут, как правило, перекрываться на несколько снимков, чтобы обеспечить концы секций парами опорных точек. Это однако не означает, что в подобном случае требуются повторные измерения одних и тех же стереопар. Просто при формировании массива результатов измерений второго блока к нему присовокупляются данные измерений концевых стереопар первого.

По границам смежных блоков, параллельных маршрутам аэрофотосъёмки, один-два маршрута будут общими для обоих блоков, т.е. массивы измерений по этим маршрутам будут поочередно участвовать в построении того и другого блоков.

На каждый блок составляется цифровая схема маршрутов, образующих данный блок или группу блоков.

4.3.2 Рабочее проектирование фототриангуляционной сети выполняется, как правило, в пределах блока и включает

- составление схемы проекта фотограмметрического сгущения и пояснительной записки;
- выбор и обозначение на снимках фотограмметрических точек.

4.3.3 "Схема проекта фотограмметрического сгущения" составляется тушью на кальке с использованием отчётных репродукций накидного монтажа.

4.3.3.1 На схему проекта в пределах блока наносятся:

- рамки листов карты и их номенклатура;
- оси маршрутов аэрофотосъёмки, в том числе каркасные, с обозначением центров снимков и их номеров. Утрированно выделяются стыки маршрутов. На полях схемы против каждого маршрута подписываются в виде дроби: в числителе - присвоенный номер маршрута, в знаменателе - шифр

объекта аэрофотосъёмки и дата. Если аэрофотосъёмка выполнена разными АФА, то у каждого маршрута подписывается номер АФА;

- границы объекта картографирования;

- опознаки с их номерами или названиями. Вместо названий присваивается цифровое обозначение длиной до 9 символов. Возможно указание качества опознавания, маркирования и геодезического определения, выявленное в процессе изучения материалов подготовки снимков. У каждого опознака даются стрелки, указывающие на центры снимков, на которых он отобразился;

- гидрографическая сеть, на объектах которой потребуется последующая увязка высот урезов воды, с указанием мест полевых урезов воды и проектируемых мест для фотограмметрических определений (намечаются в 2-2.5 раза чаще, чем это требуется для подписи на карте, с тем чтобы повысить точность построения продольных профилей водотоков);

- сводочные точки, принятые из фототриангуляционной сети или снятые с оригиналов смежного завершенного объекта картографирования.

4.3.3.2 Центры снимков обозначаются штрихами, а опознаки - жирными точками. Рекомендуемые цвета: опознаки - красным, гидрография и урезы - зелёным, маршруты смежных блоков - синим, остальное - чёрным.

В заголовке указывается вид сгущения (планово-высотной, плановой, высотной подготовки), шифр объекта картографирования и название, масштаб карты и высота основного сечения рельефа (или заданная точность положения и высоты точек сгущения).

По каждой рамке указывается вид сводки с указанием наименования фототриангуляционного блока или объекта картографирования.

4.3.3.3 На свободном участке схемы выписываются основные данные по каждому залёту:

- шифр объекта аэрофотосъёмки;
- масштаб аэрофотосъёмки;
- номер АФА;
- фокусное расстояние;
- расстояния между координатными метками;
- координаты главной точки.

Этих данных, как правило, достаточно для формирования паспорта АФА в соответствующей библиотеке КП ФОТКОМ 1.1 при малых масштабных коэффициентах. При масштабном коэффициенте три и более, в паспорт АФА следует вписывать координаты меток и значения некомпенсируемой фотограмметрической дисторсии пользуясь "Выпиской из формуляра АФА".

При использовании аэронегативов и наличии восьми меток на прикладной рамке АФА, следует выписывать в паспорт значения их координат и при стереоизмерениях наблюдать все восемь меток.

4.3.3.4 В процессе фотограмметрического сгущения на "Схеме проекта фотограмметрического сгущения" делаются карандашные пометки о выявленых грубых погрешностях опознаков, искажений снимков и др. сведения. "Схема проекта" сохраняется и используется при следующем обновлении карты.

4.3.4 В случае необходимости к "Схеме проекта фотограмметрического сгущения" составляется "Пояснительная записка". В ней указывается используемые исходные измерительные данные, особенности стереоизмерений и вычислительной обработки.

4.3.5 Выбор и обозначение на снимках фотограмметрических точек выполняются по двум методикам.

4.3.5.1 Первая методика лучше применима при малых масштабных коэффициентах. Суть её в следующем. Выбор и обозначение фотограмметрических точек выполняется на всём комплекте контактных отпечатках. Затем они переносятся на комплект диапозитивов.

4.3.5.2 Вторая методика лучше применима при больших масштабных коэффициентах. При этом выбор и обозначение фотограмметрических точек выполняется непосредственно на диапозитивах. По мере выбора точки переносятся и обозначаются на соответствующих контактных отпечатках.

4.3.5.3 Под обозначением понимается:

- наколка точки иглой (при масштабном коэффициенте до трёх) или специальным устройством при стереоскопическом рассматривании снимков с большим увеличением. Точки накалывают на одном (левом или правом) снимке каждой стереопары, диаметр накола не должен превышать 0.04-0.05 мм;

- выбор однозначно опознаваемого чёткого контура и пометка двумя штрихами (без накола) его местоположения.

Кроме того, на контактных отпечатках подписывается номер точки.

4.3.5.4 При выборе и обозначении фотограмметрических точек соблюдаются общие правила:

- точка обозначается в маршруте только на одном снимке;

- точка располагается от края снимка на расстоянии не менее допустимого (см. 3.2.2);

- точки следует выбирать на участках плоских или с малым уклоном;

- при наличии каркасных маршрутов, выбор точек вначале производится в их пределах с учётом возможности переопознавания на снимках основных маршрутов.

4.3.5.5 Выбор фотограмметрических точек выполняется в следующем порядке:

а) переносятся все опознаки в пределах каждого маршрута;

б) в зоне поперечного перекрытия смежных маршрутов намечаются общие точки в два ряда, на возможно большем взаимном удалении рядов. Точки следует совмещать с надёжно отождествляемыми контурами;

в) в пределах каждого маршрута последовательно по стереопарам намечаются:

- связующие точки выбираются в середине тройного продольного перекрытия снимков. Обычно пять-шесть с небольшими отступлениями от стандартной схемы расположения, учитывая их использование и для взаимного ориентирования. Крайние боковые точки располагаются на наибольшем удалении от оси маршрута. Боковые пары точек не рекомендуется намечать ближе 10 мм друг от друга. При масштабных коэффициентах менее двух,

хорошей контурности снимков и опытном операторе на измерительном приборе число связующих точек может быть сокращено до трёх. Связующие точки в центральной части снимка выбираются не далее 10 мм от оси маршрута. Связующие точки не обязательно совмещать с контурами. Достаточно, чтобы структура фотоизображения обеспечивала устойчивый стереоскопический эффект и уверенную "посадку" марки по высоте на один и тот же уровень в обоих стереопарах;

- урезы воды на реках с малым уклоном и крупных водоёмах, на которых предусмотрено последующее приведение к меженному уровню или уравнивание по зеркалу воды. В число точек урезов следует включать как определённые в поле, так и фотограмметрически определяемые в промежутках между ними через 10 см в масштабе карты;

- характерные точки местности, в том числе точки с наибольшей и наименьшей высотами в пределах каждой стереопары. Первые используются для контроля стереорисовки контуров и рельефа, а также подписи высот характерных точек на карте. Вторые необходимы для подсчёта установочных элементов;

- определяемые (из фотограмметрического сгущения) точки съёмочного обоснования, необходимые для выполнения полевой досъёмки неизобразившихся на снимках объектов местности и др. целей;

- ориентировочные точки, необходимые для надёжного определения элементов взаимного ориентирования снимков стереопары, если другими точками не обеспечена с контролем каждая из шести стандартных зон.

Фотограмметрические точки разного назначения должны по возможности совмещаться. Общее количество точек в пределах одной стереопары рекомендуется не более 20-25. Однако программных ограничений практически нет и при необходимости число их может быть значительно увеличено.

Точки следует размещать так, чтобы возможная в последующем браковка одной-двух из них не явилась непреодолимым препятствием для построения и уравнивания маршрутной или блочной сети фототриангуляции.

4.3.5.6 Запроектированные точки накалываются на контактных отпечатках и оформляются кружком диаметром 4-5 мм.

Рекомендуются следующие обозначения:

- плановые и планово-высотные опознаки - двойной красный;
- высотные опознаки - одинарный красный;
- точки фототриангуляционной сети - одинарный черный;
- урезы воды, определенные геодезическими методами - двойной синий;
- урезы воды, определяемые из фототриангуляции - одинарный синий.

4.3.5.7 Всем точкам (и исходным, и определяемым) присваивается четырех-пятизначный проектный номер. Первые цифры в нем - номер маршрута в блоке, остальные три цифры - порядковый номер точки в маршруте. Не следует присваивать одинаковые номера разным точкам одного маршрута. Точки, общие для двух маршрутов, сохраняют номер, присвоенный в предыдущем по ходу проектирования маршруте.

Следует иметь ввиду, что если какие-то маршруты блока не имеют опознаков, то для них первоначальная идентификация общих точек ведётся только по их номерам. При неправильной нумерации, связанной с присвоением одинаковых номеров разным точкам, возможны потери времени на анализ номеров и устранение ошибок. В худшем случае не исключён сбой программы.

4.3.5.8 Перенос (идентификация) точек выполняется

- общих точек с каркасного маршрута на пересекаемые им основные, а также с одного основного маршрута на все с ним перекрывающиеся;

- фотограмметрических точек с контактных отпечатков на диапозитивы.

Перенос общих точек следует выполнять с наибольшей точностью, путём отождествления контуров снимка, использованных в качестве общих точек. На малоконтурной местности при малых масштабных коэффициентах для переноса используется игла и интерпретоскоп, а при больших - стереоскопический идентификатор. При использовании аналитических фотограмметрических приборов возможен перенос общих точек по специальной методике стереоизмерений и с соответствующим программным обеспечением.

Перенос точек с контактных отпечатков на диапозитивы осуществляется с использованием иглы и интерпретоскопа.

4.3.6 При рабочем проектировании составляется "Журнал наблюдений", в котором для каждой стереопары выписываются номера фотограмметрических точек в предполагаемом порядке их наблюдения.

5 СТЕРЕОИЗМЕРЕНИЯ

5.1 Измерительные приборы

5.1.1 Для измерения снимков (диапозитивов или негативов) с обозначенными фотограмметрическими точками используются, как правило, автоматизированные измерительные приборы: аналитические фотограмметрические приборы (АФП) и автоматизированные стереокомпараторы (АСК).

5.1.2 Измерительные приборы, используемые для стереоизмерений снимков должны быть откалиброваны или исследованы.

Аналитические фотограмметрические приборы калибруются в соответствии с "Руководством по эксплуатации" с использованием программного обеспечения, входящего в комплект прибора. Данные калибровки записываются в файл и автоматически используются в процессе измерений.

Стереокомпараторы автоматизированные и неавтоматизированные должны быть исследованы по результатам фотограмметрических измерений контрольных сеток и их вычислительной обработки с использованием компонента ИССК КП ФОТОКОМ 1.1. В результате исследования оценивается инструментальная точность и параметры, характеризующие систематические погрешности в зависимости от типа стереокомпаратора:

а) масштабы измерительных шкал;

б) непараллельность и неперпендикулярность направляющих прибора

относительно направляющей по оси X;

в) кривизны направляющих.

Инструментальная точность стереокомпараторов должна удовлетворять требованиям, указанным в таблице 1.

Параметры систематических погрешностей, полученные в результате данного исследования, сравниваются с результатами предыдущего исследования, заносятся в библиотечный файл паспортов стереокомпараторов и автоматически используются для введения поправок в отсчёты, если в исходной информации со стереоизмерениями указан действительный номер стереокомпаратора.

Таблица 1

Средняя квадратическая инструментальная погрешность измерения	Допустимое значение, мкм, для приборов	
	обычной точности	высокой точности
координат	6	3
параллаксов	4	3

5.1.3 В состав программного обеспечения АФП и АСК входят измерительные программы фотограмметрического сгущения, осуществляющие первичный контроль измерений.

5.1.4 При разовых работах и малых объёмах допустимо выполнять измерения на неавтоматизированном стереокомпараторе.

5.2 Измерения на автоматизированных приборах

5.2.1 Измерения на автоматизированных приборах выполняются в соответствии с "Руководством по эксплуатации" этих приборов и 5.3.2.

5.2.2 В начале сеанса работы измерительная программа запрашивает ряд технологических данных, включая параметры аэрофотосъёмки, АФА, каталог опознаков и требований к точности, которые использует для автоматического первичного контроля наблюдений.

5.2.3 Точки на любом стереокомпараторе наблюдаются в порядке, указанном в "Журнале наблюдений". В примечаниях к точкам оператор записывает условия и качество наблюдаемой точки, высоту растительности, зарисовки и другие характеристики, которые могут оказаться полезными при анализе результатов вычислений,

5.2.4 Анализируя результаты контроля оператор принимает решение об увеличении числа наблюдений, перенаблюдении стереопары полностью или отдельных точек.

5.2.5 После наведения штурвалами измерительных марок на метку или точку снимков стереопары, на цифровой клавиатуре набирается её номер и

нажимается клавиша исполнения. В результате этих действий номер и отсчёты по шкалам записываются в текстовый файл измерений. Для вычислительной обработки результатов измерений по КП ФОТОКОМ 1.1 необходимо знать тип измерительного прибора (см. 5.3.3) и введены ли в отсчёты поправки за систематические инструментальные погрешности (см. 5.1.2).

5.2.6 Файлу стереоизмерений присваивается имя, включающее шифр объекта и номер маршрута, а также расширение, единое для всех файлов данного блока. Имя файла фиксируется на "Схеме проекта фотограмметрического сгущения".

5.3 Измерения на неавтоматизированных стереокомпараторах

5.3.1 При использовании неавтоматизированных стереокомпараторов измерения должны выполняться в два приёма. Рекомендуется измерения выпонять на разных приборах разными операторами.

5.3.2 В каждой стереопаре наблюдения начинаются с координатных меток. Количество координатных меток - 4, 6 или 8. Порядок наблюдения меток не установлен. Метки не нумеруются. На месте номеров двух первых меток указываются номера снимков стереопары.

После наблюдения всех координатных меток наблюдаются фотограмметрические точки. Порядок их наблюдений также не установлен.

5.3.3 Результаты измерений записывают в "Журнал наблюдений" построчно - на каждой строке наблюдения одной метки или точки.

В зависимости от типа измерительного прибора в строке располагаются величины:

тип 1	N	X	Y	P	Q ;
тип 2	N	X	Q	P	Y' ;
тип 3	N	X	Y	X'	Y' .

Величины в строке разделяются, как минимум, одним пробелом. Номер может содержать от 1 до 9 символов; отсчёты - до 11 значащих цифр со знаком или без него. Десятичная точка может присутствовать или отсутствовать. Программа OdnoMar проверяет в первой записи наличие десятичной точки и соответственно настраивается на восприятие значений отсчётов в размерности миллиметр или микрометр.

Для стереокомпараторов первого типа необходимо указывать направление делений шкалы поперечных параллаксов. Оно положительное, если при перемещении правой кассеты от наблюдателя отсчёт по шкале увеличивается.

5.3.4 Если из-за больших разворотов снимков по $\varkappa$ не хватает шкалы (винта) поперечных параллаксов для стереоскопичесских измерений, то следует ориентировать снимки в стереокомпараторе по начальным направлениям и наблюдать координатные метки монокулярно. При этом измерительная марка вначале монокулярно наводится на метку левого снимка, а затем - на соответствующую метку правого снимка. При каждом визировании фиксируются отсчёты по всем измерительным шкалам прибора. В строке

с отсчётами на метку правого снимка в позиции номера указывается слово Mono. Встретив номер Mono, программа объединяет две строки монокулярных данных и преобразует их в строку, отвечающую стереоскопическому визированию на метку. Возможен комбинированный вариант, при котором одни метки отнаблюдены стереоскопически, а другие - монокулярно.

5.3.5 При перфорировании результатов наблюдений и формировании текстового файла "Стереоизмерения" следует руководствоваться "Описанием ФОТОКОМ", часть 2.

5.3.6 Если после вычислительной обработки на ПЭВМ обнаружатся грубые погрешности на отдельные точки какой-либо стереопары, то повторные измерения (переизмерения) производятся на все координатные метки и те точки, в отсчётах на которых обнаружены недопустимые погрешности. При обнаружении недопустимых погрешностей в отсчётах на координатные метки, стереопара перенаблюдается полностью.

6 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

6.1 Общие сведения

Вычислительная обработка при маршрутном и блочном фототриангулировании выполняется с использованием КП ФОТОКОМ 1.1 и в соответствии с "Описанием ФОТОКОМ", части 2 и 3.

В программном комплексе реализован высокий уровень диагностики погрешностей исходных данных. В протокол вычислительной обработки, на всех её этапах, в виде сообщений и таблиц выдаются результаты оценки точности и вероятные грубые погрешности измерительных исходных данных, а также их возможные причины. Протокол предназначен для пользователя. Хорошо понимая сущность вычислительной обработки и отображаемых в протоколе сведений, пользователь, на основе анализа протокола и в соответствии с заданной точностью фототриангулирования, должен принять решение о приемлимости результатов обработки или изменении (в диалоговом режиме или по завершении вычислений) состава измерительных исходных данных, допусков на отбраковку и условий вычислений с повторной вычислительной обработкой.

Изменение состава измерительных данных производится, в зависимости от ситуации,

- исключением выбракованного значения, если остающихся после исключения данных достаточно для решения задачи;
- переизмерением, если остающихся данных не достаточно.

Исходя из вышеизложенного, ниже, в дополнение "Описание ФОТОКОМ", приведены

- содержание протоколов маршрутной (ProtOdn) и блочной (ProtBlAd и ProtRaBl) фототриангуляции с комментариями;
- рекомендации по анализу таблиц протокола;
- рекомендации по заданию допусков на отбраковку;
- рекомендации по заданию условий вычислений.

Примечания

1 В протоколах фототриангуляции далее рассматриваются таблицы и сообщения, оценивающие только измерительные исходные данные.

2 Для удобства ссылок таблицы пронумерованы.

3 Сокращён размер колонок таблиц, длина строки в которых превышает 70 знаков.

4 Стандартный текст сообщений выделен курсивом.

6.2 Содержание протокола построения маршрутной сети

6.2.1 Свободная маршрутная сеть

Вычислительная обработка стереоизмерений начинается с перехода от отсчётов к координатам снимка с учётом типа измерительного прибора (стереокомпаратора). Сообщается о выявленных вероятных *грубых погрешностях в отсчётах на координатные метки конкретного снимка*.

Грубая погрешность в отсчётах на координатные метки должна быть устранена в стереоизмерениях переизмерением.

При наличии информации о систематических погрешностях (по номеру измерительного прибора) исправляются координаты снимка. При наличии переизмерений производится замена ошибочных данных новыми. Выполняется сравнение двух приёмов стереоизмерений и усреднение их значений. По расхождениям приёмов выявляются большие расхождения, которые формируются в таблицу 2.

Таблица 2 - Список точек с большими расхождениями координат из двух приемов измерений

NN с/п	Номера снимков пары		Номер точки		Расхождения координат, мм				пр.
	левый	правый	п/п	фактич.	DX лев	DY лев	DXправ	DYправ	

Оценка точности стереоизмерений по расхождениям двух приемов выполняется без исключения больших расхождений и выдаётся в таблицу 3.

Улучшать оценку точности следует ликвидацией больших расхождений в результате перенаблюдений или, исключением плохо отнаблюдённой точки из состава исходных данных в одном или обоих приёмов измерений.

Таблица 3 - Оценка точности стереоизмерений по расхождениям двух приемов

NN с/п	Число точек и меток			Средние квадратические погрешности, мкм			
	всего	прин.	забр.	MX лев.	MY лев.	MX прав.	MY прав.

Выполняется поиск связующих точек, усреднение их плоских координат, вычисленных в смежных стереопарах. При идентификации связующих точек действуют правила:

1) при совпадении номеров точка идентифицируется при разности координат до 3 мм;

2) при различных номерах - до 1 мм.

Если выявлены связующие точки с расхождениями, превышающими утроенную среднюю квадратическую погрешность измерения координат по снимкам (Мху), устанавливаемой в исходной информации, то в зависимости от величины разности координат программа относит их к разряду:

- плохо идентифицированных точек;
- точек с большими расхождениями координат.

С каждой плохо идентифицированной точкой программа предоставляет пользователю возможность разобраться в диалоговом режиме, предлагая соответствующую точку в смежной стереопаре с другим номером.

Точки с большими расхождениями координат выдаются в таблицу 4.

Таблица 4 - Список связующих точек (и меток) с большими расхождениями координат

NN сн.	Номер точки		Расхожд.координат	
	пор.	собствен.	dx, мкм	dy, мкм

Оценка точности измерения координат связующих точек (и меток) выполняется без исключения больших расхождений и выдаётся в таблицу 5. Улучшать оценку точности следует ликвидацией больших расхождений в результате перенаблюдений или, при выявлении явного промаха и наличии избыточных, исключением точки из числа связующих путём присвоения ей другого номера в одной из стереопар.

Таблица 5 - Оценка точности измерения координат связующих точек (и меток)

Номер снимка		Число точек/меток			Расх. по оси x,мкм			Расх. по оси y,мкм		
п/п	собствен	всего	прин.	забр.	средн	ср.кв.	сист.	средн	ср.кв.	сист.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Среднее по маршруту										

При обнаружении больших уклонений деформации отдельных снимков от средней для маршрута, программа выявляет и указывает метку с вероятной грубой погрешностью отсчёта в сообщении: *Снимок __, метка __. Большое*

уклонение деформации от среднего для маршрута значения.

Если в паспорте АФА указаны только расстояния между координатными метками, то осуществляется проверка на ассиметричность положения меток на прикладной рамке АФА. В положительном случае выдаётся сообщение: *По снимкам маршрута выявляется большая ассиметрия координатных меток, не указанная в паспорте АФА. Величина ассиметрии по оси xx= ___ мм, по оси yy= ___ мм.*

Результаты устранения деформации снимков приведены в таблице 6. При этом оценивается для отдельных снимков большое уклонение деформации от среднего для маршрута значения. Эти снимки помечаются сокращением "блд" (большая линейная деформация) в колонке примечания.

При выполнении точных работ координатные метки на снимках с выявленной большой линейной деформацией следует переизмерить. В случае подтверждения, рекомендуется заново изготовить диапозитивы строго соблюдая правила по акклиматизации аэрофильма и изготовлении диапозитивов всего маршрута в сжатое время.

Т а б л и ц а 6 - Результаты устранения деформации снимков

Номера снимков		ось	Абс.деформац.(мкм) на метках	Абс.деформац.(мкм) на точках снимков		Остаточные расхожд. коорд. меток снимков и камеры, мкм				Число меток пр/бр Прим.
пп	фактич		max	средн.	max	средн.	ср.кв.	max	сист.	
.	. . . .	.	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. .
По маршруту		x y								

С учётом средней по маршруту деформации вычисляется и выдаётся в сообщение *фокусное расстояние с учетом деформации снимков _____ мм.*

При выявлении выдаётся сообщение *о большой разностной деформации.* Если разность средних по маршруту коэффициентов деформации превышает 0.002, то значение фокусного расстояния вычисляется с учётом деформации по оси абсцисс.

Следует иметь ввиду, что это значение фокусного расстояния в самом процессе фототриангулирования не участвует. Оно будет использовано при подсчёте установочных элементов для аналоговых стереофотограмметрических приборов и фототрансформаторов.

Если в паспорте АФА заданы лишь расстояния между координатными метками прикладной рамки, то вычисляются и в таблице 7 приводятся вероятные координаты меток. Значения координат меток "с учётом деформации" следует накапливать по каждому АФА и, при достаточно большом количестве, использовать в качестве характеристики, вводя её в паспорт АФА. Кроме того, её можно использовать при работе на SD-20.

Таблица 7 - Вероятные координаты меток на прикладной рамке АФА _____ с учетом и без учета средней на маршрут деформации снимков

Порядковый номер метки	С учетом деформации		Без учета деформации	
	x,мм	y,мм	x,мм	y,мм

По данным информации о высоте фотографирования и отметке средней плоскости местности исключается влияние фотограмметрической рефракции для условий стандартной атмосферы. При перспективной аэрофотосъёмке учитываются также средние значения углов наклона снимков.

Поправки в координаты точек снимков за систематические искажения АФА вводятся при наличии в его паспорте данных о некомпенсируемой фотограмметрической дисторсии или результатах калибровки. В противном случае поправки не вводятся и выдаётся сообщение: *Нет данных калибровки в паспорте АФА* ____.

Перед взаимным ориентированием определяется среднее значение продольных параллаксов для стереопар маршрута. Возможно сообщение: *Большое уклонение продольного параллакса от среднего значения*. Это сообщение может свидетельствовать об очень большом перепаде высот точек на стереопаре, значительных углах наклона снимков, указания на которые отсутствуют в исходных данных, или промахе в измерениях продольного параллакса точки, не являющейся связующей.

В результате выполнения взаимного ориентирования снимков выявляются и выдаются в Список точки с большими поперечными параллаксами.

Критерием для выявления таких точек является величина удвоенной устанавливаемой средней квадратической погрешности измерения параллаксов (Mpq). Они исключаются из процесса взаимного ориентирования при соблюдении условия - в каждой из шести стандартных зон должна оставаться хотя бы одна точка. Если же точек оказывается меньше, то большое уклонение оставляется и выдаётся сообщение о причине:

- *недостаточное количество точек;*
- *плохая схема размещения точек;*
- *не ориентируется (стереопара).*

С учётом этого сообщения следует рассматривать оценку точности взаимного ориентирования, приводимую в таблице 8.

Таблица 8 - Точность взаимного ориентирования

NN	Кол.точек	Остат.параллаксы(мкм)	СК погр	СК погр.взаимн.угл.(мин)	При
сп	вс.пр.бр.	средн. ср.кв.мах сист	ед.в	Al.l Kp.l Al.r Om.r Kp.r	меч
.	. . . . .	. . . . .	.	. . . . .	.
По маршруту					

Точность взаимного ориентирования оценивается по остаточным поперечным параллаксам, средней квадратической погрешности единице веса взаимного ориентирования и средним квадратическим погрешностям взаимных углов наклона снимков стереопары, рассчитанных с учётом значения фокусного расстояния АФА.

В ходе взаимного ориентирования оценивается геометрическая схема размещения точек по площади стереопары и в протокол выводится таблица 9. Качество геометрической схемы характеризуется условными коэффициентами, показывающими возможную потерю точности обработки вследствие искажений элементарного звена (стереопары) фототриангуляционной сети, создаваемого при взаимном ориентировании. Коэффициенты качества выдаются раздельно по координатным осям для всех стереопар, а также в их углах. Чем меньше количество точек в стереопаре и чем хуже соблюдена схема стандартных зон, тем больше коэффициенты. Если последние превышают значение 2.0 для оси Z и 4.0 - для осей X и Y, то взаимное ориентирование такой стереопары не надежно, вне зависимости от полученных значений остаточных поперечных параллаксов. На месте такой стереопары возможен излом маршрута. Поэтому необходимо принять надлежащие меры, перенаблюдав стереопару с большим количеством и иначе расположенными точками или обеспечив ее опознаками.

Таблица 9 - Оценка качества геометрической схемы взаимного ориентирования

NN пар	На точках стереопары									В углах ст/пары		
	По оси X пары			По оси Y пары			По оси Z пары			По оси X	По оси Y	По оси Z
	min	сред.	max	min	сред.	max	min	сред.	max			
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Ср												

Построение свободной маршрутной сети производится в два этапа. На первом этапе с использованием элементов взаимного ориентирования стереопар подсчитываются углы наклона снимков и базисов фотографирования в единой для маршрута системе - системе координат первой стереопары. На втором этапе путём сравнения длин проектирующих лучей на связующих точках смежных стереопар линейные элементы стереопар маршрута приводятся к масштабу первой стереопары. При этом оцениваются расхождения для условия равенства координат связующих точек, подсчитанных из прямых фотограмметрических засечек в обеих стереопарах. Расхождения по оси Z выражаются через продольный параллакс.

В результате выявляются и представляются в таблице 10 связующие точки с большими расхождениями координат.

Т а б л и ц а 10 - Список связующих точек
с большими расхождениями координат в смежных парах

NN СН	Номер точки	Остаточные погрешн.(мкм)Б dx	dy	dp

Критерием для выявления таких точек служат величины удвоенных устанавливаемых средних квадратических погрешностей измерения координат и параллаксов (Mxy и Mpq). Точки, исключённые из процесса соединения стереопар в единую сеть, отмечаются в списке звёздочками. При этом соблюдается правило - в каждой из трёх стандартных зон должна оставаться хотя бы одна точка. Пометка в колонке "Б" означает браковку, т.е. исключение точки из обработки.

По завершению построения свободной маршрутной сети выполняется и представляется в таблицу 11 оценка расхождений координат на связующих точках dy и dp, которые характеризуют точность соединения стереопар. Значение оценки dx априори должно быть в 5 - 20 раз меньше значений dy.

Т а б л и ц а 11 - Оценка точности построения свободной сети по расхождениям координат на связующих точках

Ном. сним	Кол.св.точек вс	пр	бр	dx, мкм сред	ср.кв	max	dy, мкм сред	ср.кв	max	dp, мкм сред	ср.кв	мах	Прим.
. .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	. .
По маршруту													

В результате совместного уравнивания по методу наименьших квадратов всей совокупности стереоизмерений на маршрут находятся поправки к элементам построенной свободной сети.

Если две предыдущие процедуры, обнаружив точки с большими погрешностями измерений, исключили их из уравнивания, то данная процедура проверяет обоснованность браковки и, если возможно, возвращает такие точки в обработку.

При невозможности автоматического возврата, точки, намечаемые программой к исключению, предлагаются вниманию пользователя в таблице 12, выводимой только на экран. В протоколе она не фиксируется. С учётом мнения пользователя предложенные точки оставляются в сети или исключаются окончательно.

Т а б л и ц а 12 - Список точек, намеченных к исключению из сети

Номер точки	Номера с/п	q	dy	dx	dp	q

Кроме того, по результатам совместного уравнивания выполняется общая оценка точности. В таблицу 13 сведены для всех точек значения погрешностей поперечных параллаксов, для связующих точек - расхождения пространственных координат.

Таблица 13 - Общая оценка точности уравнивания свободной маршрутной сети

Типы данных		Количество точек			Остаточные погрешности (мкм)			
		Всего	прин.	Забр.	ср.кв.	средн.	max	систем.
все точки	dq							
св. точки	dy							
св. точки	dx							
св. точки	dp							

Подсчитывается значение средней квадратической погрешности единицы веса фотограмметрических измерений, приводимое в сообщении: *Средняя квадратическая погрешность единицы веса, мкм:* _____. Единичный вес придан поперечным параллаксам центральных точек снимков.

Остаточные погрешности уравнивания свободной маршрутной сети приведены в таблице 14.

Таблица 14 - Остаточные погрешности уравнивания свободной маршрутной сети, мкм

NN	Для точек пары-q	q	q	q	q	q	q	q	q	q
сп/сн	Для св.точек-yxp	dy	dx	dp	dy	dx	dp	dy	dx	dp

Если пользователь согласился на исключение из последующей обработки точек, предложенных программой, то выдаётся сообщение о их исключении: *стереопара* __. *Исключена точка* _____. *Порядковый номер точки в стереопаре* _____.

В заключение построения и уравнивания свободной маршрутной сети выполняется её обобщающая оценка по результатам решения обратной фотограмметрической засечки с выдачей таблицы 15.

Эта оценка характеризует фактическую точность фотограмметрических измерений, т.е. фактическое Mpq по маршруту и отдельным стереопарам.

Таблица 15 - Остаточные погрешности условий коллинеарности на точках снимков

Номер снимка		Точек	По оси x, мкм				По оси y, мкм			
пп	фактич.	пр./бр	средн	ср.кв.	max	сист.	средн	ср.кв.	max	сист
. . . . .										
По маршруту										

Список точек с большими остаточными погрешностями условий коллинеарности приведён в таблице 16. Воспользовавшись этим списком можно перенаблюдать точки с большими остаточными погрешностями и тем самым повысить фактическую точность стереоизмерений, не снижая геометрическое качество сети. Можно их исключить из файла "стереоизмерения" и, тем самым, улучшить оценку точности за счёт ухудшения геометрического качества свободной сети.

Таблица 16 - Список точек с большими остаточными погрешностями

Ном.	Номер точки		Погрешность, мм	
сн.	п/п	фактич.	dx	dy

6.2.2 Внешне ориентированная маршрутная сеть

Внешнее (геодезическое) ориентирование и уравнивание маршрутной сети выполняется по всей совокупности опорных измерительных данных (опорных данных), включая

- бортовые данные;
- опознаки (опорные точки);
- данные независимой подготовки (привязки) снимков.

Пользователь может задать требования к уравниванию, включая

- вид уравнивания маршрутной сети (полиномный, мультиплексный, строгий);
- тип полинома (обобщенный, конформный, ортогональный);
- запрет или разрешение браковки данных при уравнивании в плане и по высоте;
- фиксирование степени полинома для уравнивания в плане и по высоте.

Программа вводит, преобразует и оценивает опорные данные, в соответствии с заданными требованиями уравнивает их совместно со свободной

маршрутной сетью и выдаёт в протокол нижеследующие таблицы при полиномном и мультиплексном уравнивании. Заметим, что при наличии данных независимой подготовки снимков строгое уравнивание не предусмотрено.

Процесс получения внешне ориентированной маршрутной сети можно условно разбить на три этапа:

- предварительное уравнование (внешнее ориентирование и анализ опорных данных);
- окончательное уравнивание;
- контроль уравнивания.

6.2.2.1 Предварительное уравнивание

В соответствии с заданной точностью картографирования и параметрами аэрофотосъёмки на основании анализа точности опорных данных, их состава и расположения в маршрутной сети выполняется предварительное уравнивание, общая оценка возможности уравнивания и предварительная браковка опорных данных.

При наличии показаний бортовых приборов, в результате уравнивания по ним свободной маршрутной сети, выдаётся таблица 17.

Таблица 17 - Общая оценка уравнивания показаний бортовых приборов

Тип данных	Количество данных		Погрешности уравнивания, м				Max погрешн. поправки	Дл. пол
	всего	прин. забр.	ср.кв.	средн.	мах	систем		
радиовыс.								
коорд. X								
коорд. Y								
GPS-отм.								

В результате уравнивания по опознакам маршрутной сети, предварительно уравненной по показаниям бортовых приборов, в таблицу 18 выводится общая оценка точности внешнего ориентирования.

Таблица 18 - Общая оценка точности геодезического ориентирования (полином _____)

Ось м-та	Дл. пол	К-во опозн. вс.	пр.	бр.	Погрешности уравнивания,м ср.кв.	средн.	мах	сист.	Вер. погр. поправок,м средн.	мах	min

В таблице 19 представлены остаточные расхождения на опознаках при уравнивании по полиномам различной длины - от минимальной до оптималь-

ной. Анализ данных этой таблицы даёт пользователю основание для суждения о правильности выбора программой длины полинома, а также к её изменению.

Таблица 19 - Остаточные расхождения на опознаках при уравнивании по различным полиномам, м

Номера опознаков	Ось координат и длина полинома					
	*X, 4	*X, 6	X, 9	*Y, 4	*Y, 6	Y, 9

Продолжение таблицы 19

Номера опознаков	Ось координат и длина полинома				
	*Z, 3	*Z, 4	*Z, 5	*Z, 6	Z, 7

По каждому виду независимой подготовки в таблицы 20-22 выдаются остаточные расхождения, а в таблицу 23 - оценка точности маршрутной сети по данным независимой подготовки снимков.

Таблица 20 - Остаточные погрешности длин линий

Номер линии п/п	Номера точек линии		Остаточн. погрешн. м
	начало	конец	

Таблица 21 - Остаточные погрешности азимутов линий

Номер линии п/п	Номера точек линии		Остаточн. погрешн. м
	начало	конец	

Таблица 22 - Остаточные погрешности превышений между парами точек

Номер линии п/п	Номера точек линии		Остаточн. погрешн. м
	начало	конец	

Таблица 23 - Оценка точности маршрутной сети по данным независимой наземной привязки

Вид независимых данных	Кол-во линий		Вероятнейшие поправки данных (метры/гмс)			
	прин.	забр.	средняя	ср.квадр.	max	систем.
Длины линий Азимуты линий Превышения						

Выявленные программой и отбракованные в таблицах 17, 18 и 23, грубые погрешности конкретизируются в таблицах 20-22 пометкой одним или несколькими астерисками (*).

6.2.2.2 Окончательное уравнивание

6.2.2.2.1 На предварительном этапе уравнивание маршрутной сети выполнялось раздельно по видам опорных данных: вначале по бортовым данным, затем по опознакам. На окончательном этапе в процесс уравнивания включается сразу вся совокупность опорных данных (бортовых и наземных). При этом прямо или косвенно учитываются также фотограмметрические измерения.

6.2.2.2.2 Окончательное уравнивание производится в зависимости от содержания информационной строки "18.2. Вид уравнивания маршрутной сети" файла задания InDataBl:

1 - полиномное;

2 - мультиплексное;

3 - строгое.

При задании строгого уравнивания в составе опорных данных недопустимо наличие данных независимой подготовки снимков. Если же пользователь проигнорирует это правило, то программа автоматически перейдёт в режим мультиплексного уравнивания, как только обнаружит данные независимой подготовки.

6.2.2.2.3 По результатам окончательного уравнивания выдаются в таблицы 24 и 26 остаточные расхождения показаний бортовых приборов и координат на опознаках, а в таблицы 25 и 27 оценки точности по соответствующим данным. Выявленные при уравнивании грубые данные по каждому виду их особо выделены в таблицах 24 и 26.

Таблица 24 - Остаточные расхождения показаний бортовых приборов, м

Номера снимков пор.	фактич.	радиовыс.	Ном.ближ. точки	коорд. X	коорд. Y	GPS-отм.

Таблица 25 - Оценка точности уравнивания маршрутной сети по остаточным расхождениям показаний бортовых приборов

тип данных	Количество данных		Погрешности уравнивания, м				Длина
	всего	прин.	забр.	ср.кв.	средн.	max	систем.	полин.
координ. X координ. Y статоскоп радиовыс.								

Таблица 26 - Остаточные расхождения координат на опорных точках, м

Номера опознаков		по оси	по оси	по оси	Веса опознаков	
пор.	фактич.	X	Y	Z	в плане	по выс.

Таблица 27 - Оценка точности уравнивания маршрутной сети по остаточным расхождениям на опорных точках

ось	Количество данных		Погрешности уравнивания, м				Длина
к-т	всего	прин.	забр.	ср.кв.	средн.	max	систем.	полин.

Также, как на этапе предварительного уравнивания, при полиномном и мультиплексном уравнивании, по каждому виду независимой подготовки выдаются в таблицы 20-22 остаточные расхождения, а оценка точности маршрутной сети по этим данным - в таблицу 23.

6.2.2.2.4 По завершению окончательного уравнивания программа запрашивает пользователя: удовлетворяют ли его результаты уравнивания. Если не удовлетворяют, то программа предлагает изменить в диалоговом режиме отдельные опорные данные и требования к уравниванию. Свободная маршрутная сеть уравнивается (предварительно и окончательно) с новыми данными. Число таких циклов не ограничено и результаты их отразятся в протоколе в вышеуказанных таблицах 17-27. Однако в основные файлы BlFile и Stripnnn заносятся данные лишь последнего уравнивания, которое удовлетворило пользователя.

6.2.2.3 Контроль уравнивания

С использованием результатов только последнего уравнивания маршрутной сети выполняется контроль решением обратной фотограмметрической засечки с выдачей в таблицу 15 остаточных погрешностей условий колли-

неарности на точках снимков. Сравнение данных одноимённых таблиц, полученных для свободной и внешне ориентированной маршрутной сети, показывает влияние погрешностей опорных данных на деформацию свободной маршрутной сети. Чем ближе между собой значения данных обоих таблиц, тем лучше соответствие точностей фотограмметрических и опорных данных. И тем более пригодна такая сеть к строгому уравниванию (разумеется, при наличии в ней опорных данных, необходимых для выявления деформации сети).

В заключение осуществляется оценка расхождений координат по опознакам, не участвовавшим в уравнивании (контрольным). Результаты оценки представлены в таблице 28.

Таблица 28 - Расхождения координат на контрольных опознаках

Номера опознаков	Расхождения в метрах		
	DX	DY	D Z
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
Максим., м			
Средняя, м			
Ср.кв., м			
Систем., м			

6.3 Содержание протокола построения блока

Построение блока выполняется в автоматическом режиме без вмешательства пользователя. Программа останавливает ход решения задачи только в двух случаях, предлагая пользователю посмотреть выявленные остаточные расхождения на общих точках и опознаках, представленные в графическом виде. В случае неудовлетворённости пользователя полученными результатами программа прерывает вычисления. Пользователю следует изменить состав исходных данных, в том числе переизмерениями грубых общих точек, и требований к уравниванию, построить маршрутные сети и повторить построение блока.

Содержание "Протокола построения блочной фототриангуляции" зависит от вида уравнивания. На вид уравнивания указывает информационная строка "2" по содержанию цифры:

1 - усреднение общих точек;

2 - полиномное;

3 - мультиплексное;

4 - строгое, в том числе с самокалибровкой.

Протоколы полиномного и мультиплексного блоков имеют идентичное содержание. Поэтому ниже приведено содержание трёх видов протоколов, причём общие для них таблицы характеризуются лишь при первом упоминании, а далее на них делаются ссылки по номерам.

О благополучном завершении построения и уравнивания блока свидетельствует сообщение в протоколе: *Уравнивание фототриангуляционного блока завершено.*

6.3.1 Усреднение общих точек

В результате поиска общих точек перекрывающихся маршрутов, по признаку точного совпадения номеров и примерного совпадения координат точек формируется таблица 29. Данные, приведённые в таблице, соответствуют контрольному примеру, содержащему два залёта по два основных маршрута и два каркасных маршрута.

Таблица 29 - Количество точек, общих для маршрутов

Основной маршрут	Смежный маршрут					
	001	002	003	004	005	006
001	15	5	9	9	15	5
002		15	9	9	5	15
003			15	5	9	9
004				15	9	9
005					15	5
006						15

Для каждой общей точки вычисляется среднее из значений координат, полученных по всем перекрывающимся маршрутам и выполняется оценка точности маршрутов блока по уклонениям координат общих точек от среднего значения, приводимая в таблице 30. В тех случаях, когда перекрываются только пары смежных маршрутов, т.е. имеется лишь двойное поперечное перекрытие, оценка выполняется по расхождениям (разностям) координат общих точек. Эта особенность автоматически отражается в названии таблицы 30. В головке таблицы в первом случае указывается "расхождения", во втором - "разности". В общем случае оценка погрешности по уклонению в 1.4 раза меньше оценки по расхождению.

Таблица 30 сопровождается стандартной таблицей 31 распределения уклонений (расхождений) по интервалам. Количество интервалов постоянно, но их граничные значения вычисляются для конкретных величин в зависимости от оцениваемой величины и заданной точности картографирования.

Таблица 30 - Оценка точности блока по уклонениям координат общих точек от среднего значения

Индекс маршр.	Оси к-т	Коли-чест-во	Остаточные расхождения(в плане-мм,по высоте-м)				Кол-во забр
			сред.квадр.	среднее	max	систематич.	
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
По блоку	XY Z						

Таблица 31 - Распределение уклонений по интервалам

В плане, мм			По высоте, м		
интервал	кол-во	в %%	интервал	кол-во	в %%
0.0 < D < 0.2 0.2 < D < 0.4 0.4 < D < 0.6 0.6 < D < 0.8 0.8 < D < 1.2 более 1.2			0.0 < D < 0.3 0.3 < D < 0.5 0.5 < D < 0.8 0.8 < D < 1.0 1.0 < D < 1.5 более 1.5		
итого			итого		

В таблице 32 приведён список общих точек с большими уклонениями от среднего положения (с большими расхождениями), выявленных в соответствии с рассчитанными программой допусками. Этим списком следует руководствоваться при исключении или перенаблюдениях общих точек.

Таблица 32 - Список общих точек с большими уклонениями от среднего положения. Допуск на включение в список: в плане ____м, по высоте ____м

точка _____ (сч. __)				точка ____ (сч. __)			
маршрут	DX (м)	DY (м)	DZ (м)	маршрут	DX (м)	DY (м)	DZ (м)

Оценка точности блока по расхождениям на опознаках приведена в таблице 33.

Таблица 33 - Оценка точности блока по расхождениям на опознаках

Индекс маршр.	Оси к-т	Количество	Остаточные расхождения(в плане-мм,по высоте-м)				Кол-во забр
			сред.квадр.	среднее	max	систематич.	
. .	. .	. .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. .
По блоку	XY Z						

При построении блока усреднением общих точек оценка блока по расхождениям на опознаках тем более близка к такой оценке маршрутов, чем меньше опознаков совмещено с общими точками и чем меньше геодезически ориентированных маршрутных сетей участвовало в построении блока.

Таблица 33 сопровождается стандартной таблицей 31 распределения расхождений по интервалам.

Списком расхождений координат на опознаках, участвовавших в уравнивании, оформленным в виде таблицы 34, следует руководствоваться при перенаблюдении или переводе опознаков в разряд не участвовавших при уравнивании.

Таблица 34 - Список расхождений координат на опознаках, участвовавших в уравнивании

Номера опознаков	Расхождения в метрах			Номера опознаков	Расхождения в метрах		
	DX	DY	DZ		DX	DY	DZ

В таблице 35 помещён список расхождений на опознаках, не включенных в уравнивание. Критерием для включения в список являются допуски, рассчитанные программой.

Таблица 35 - Список расхождений координат на опознаках, не включенных в уравнивание. Допуск на включение в оценку точности: в плане ____ м, по высоте ____ м

Номера опознаков	Расхождения в метрах			Номера опознаков	Расхождения в метрах		
	DX	DY	DZ		DX	DY	DZ

В таблице 36 приведена оценка точности блока по опознакам, не включённых в уравнивание. За этой таблицей следует таблица 31 с распределением уклонений по интервалам. Пользоваться данными таблицы 36 для характеристики блочной сети можно лишь в том случае, если в неё

включены не участвовавшие в уравнивании действительно надёжные и точные контрольные опознаки. Если в таблице ординарные опознаки, а тем более сомнительные и бракованные, то использовать их для оценки точности сети естественно нельзя. Оценка характеризует не точность блока, а опознаков.

Таблица 36 - Оценка точности блока по опознакам, не участвовавшим в уравнивании

Индекс маршр.	Оси к-т	Количество	Остаточные расхождения(в плане-мм,по высоте-м)				Кол-во забр
			сред.квадр.	среднее	max	систематич.	
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. .
По блоку	XY Z						

6.3.2 Полиномный блок

В протоколе полиномного блока после таблицы 29 следует таблица 37, полученная по результатам

- подсчёта и анализа вероятнейших поправок уравнивания;
- браковки плохих данных;
- восстановления ранее забракованных данных,

и содержащая длины полиномов, принятые программой для уравнивания блока на основе анализа состава и качества исходных опорных данных, а также с учётом задания на уравнивание.

Если заданный пользователем в файле задания BlAdData тип полинома не соответствует опорным данным, то программа подбирает необходимый тип с выдачей сообщения: *Изменен тип полинома из-за плохой схемы рабочего обоснования блока.*

Таблица 37 - Таблица длин полиномов, принятых для уравнивания блока. Полином _____

Индекс маршр.	Для сети фототриангуляции			Для бортовых навигацион. приборов			
	по оси X	по оси Y	по оси Z	по оси X	по оси Y	статоск	высотом.

О забракованных в плане и по высоте при анализе общих точках и опознаках выдаются сообщения:

Маршрут __. Забракован опознак _____. Расхождение в плане, м = ___
Маршруты __ и __. Забракована общая точка ____. Расхождение в плане,м=
Маршрут __. Забракован опознак _____. Расхождение по оси Z, м = ____
Маршруты _ и _. Забракована общая точка ____. Расхождение по оси Z,м =

В таблицах 38-40 раздельно по трём координатным осям приведена оценка надежности полиномного уравнивания блока при использовании полиномов, принятых программой и указанных в предыдущей таблице, т.е. ожидаемые погрешности поправок в координаты.

Т а б л и ц а 38 - Оценка надежности полиномного уравнивания блока по оси X (ожидаемые погрешности поправок в координаты, м)

Индекс м-та	На точках местности			На опознаках			На центрах проектирован		
	max	min	средняя	max	min	средняя	max	min	средняя

Т а б л и ц а 39 - Оценка надежности полиномного уравнивания блока по оси Y (ожидаемые погрешности поправок в координаты, м)

Индекс м-та	На точках местности			На опознаках			На центрах проектирован		
	max	min	средняя	max	min	средняя	max	min	средняя

Т а б л и ц а 40 - Оценка надежности полиномного уравнивания блока по оси Z (ожидаемые погрешности поправок в координаты, м)

Индекс м-та	На точках местности			На опознаках			На центрах проектирован		
	max	min	средняя	max	min	средняя	max	min	средняя

В результате анализа бортовых данных, выполняемого в процессе уравнивания совместно с фотограмметрическими данными, выдаются остаточные расхождения (уклонения) значений бортовых и соответствующих фотограмметрических данных в таблицы 24 (раздельно по каждому маршруту), 41 и 31.

Т а б л и ц а 41 Оценка точности блока по остаточным уклонениям показаний бортовых приборов

Индекс маршрута	Оси к-т	Количество	Ост. расхождения (в плане-мм, по высоте-м)				Кол-во забракованных
			сред.кв.	среднее	max	систематич.	
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
По блоку	XY						
По блоку	Z						

Далее следуют таблицы 32, 30 и 31, 33 и 31, 34, 35, 36 и 31.

В заключение построения и уравнивания полиномного (или мультиплексного) блока выполняется его контроль и обобщающая оценка по результатам решения обратных фотограмметрических засечек с выдачей по каждому маршруту таблиц 16 (Список точек с большими остаточными погрешностями условий коллинеарности) и 15 (Остаточные погрешности условий коллинеарности на точках снимков).

Кроме того, приводятся в целом по блоку таблица 42 с оценкой точности уравнивания по остаточным погрешностям условий коллинеарности и таблица 31, показывающая распределение остаточных погрешностей.

Т а б л и ц а 42 - Оценка точности уравнивания по остаточным погрешностям условий коллинеарности

По оси коорд-т снимка	Значения погрешностей, мкм					Колич. погрешностей		
	ср.кв.	средн.	систем.	мах пол.	мах отр.	полож.	отриц.	всего
По оси x По оси y								

6.3.3 С т р о г о у р а в н е н н ы й б л о к

В протоколе строго уравненного блока после таблицы 29 для каждого использованного АФА (но не более трёх) приводятся:

- Список параметров самокалибровки, принятых к уравниванию для АФА _____ ;

- Таблица распределения поправок самокалибровки по полю снимка для АФА _____ по оси x, мкм и по оси y, мкм. Интервал между узлами по осям xx и yy снимка, мм: ____, _____.

В таблице 43 приведена характеристика блочной сети по остаточным расхождениям на ориентировочных, связующих, общих точках и опознаках в масштабе аэрофотосъёмки.

Т а б л и ц а 43 - Таблица остаточных поперечных параллаксов и расхождений координат точек сети

Типы оцениваемых данных		Значения уклонений,мкм(в м-бе снимка)					Кол-во уклонений		
		ср.кв.	средн.	систем	мах пол	мах отр.	всего	полож.	отриц.
В паре	q								
между парами мар-та	dx dy dp								

Продолжение таблицы 43

между марш-рутами	dx dy dp								
уклон. на опо-знаках	dx dy dp								

В последующих таблицах (типа таблицы 44) приведены распределение уклонений (расхождений) по интервалам для величин:

- поперечных параллаксов (q);
- координат точек из смежных стереопар маршрута (dx, dy, dp);
- координат точек из перекрывающихся маршрутов (dx, dy, dp);
- координат на опознаках (dx, dy, dp).

Т а б л и ц а 44 - Распределение уклонений по интервалам

Интерв							свыше
Кол,%% Кол,%% Кол,%%							

При обнаружении в фототриангуляционной сети точек снимков с большими остаточными погрешностями условий коллинеарности, они перечисляются в таблице 45.

Т а б л и ц а 45 - Список точек с большими остаточными погрешностями условий коллинеарности

Инд. м-та	Номер снимка	Номер точки	Погрешн,мкм	
			dx	dy

В таблице 46 приведена оценка точности уравнивания по остаточным погрешностям условий коллинеарности по всем уравненным в блоке маршрутам, выполненным каждым из АФА, в таблице 31 - распределение этих погрешностей по интервалам.

Таблица 46 - Оценка точности уравнивания по остаточным погрешностям условий коллинеарности для АФА ____

	Значения погрешностей, мкм					Колич. погрешностей		
	ср.кв.	средн.	систем.	мах пол.	мах отр.	полож.	отриц.	всего
По оси x По оси y								

Вычисляется и сообщается: *Средняя квадратическая погрешность единицы веса, мм* = _____ .

Далее следуют таблицы 24,41 и 31, 32, 30 и 31, 33 и 31, 34, 35, 36 и 31.

В таблице 47 приведены по каждому маршруту и стереопаре вероятные погрешности координат точек сети, которые являются вероятной оценкой точности фототриангуляционной сети, полученной в результате строгого уравнивания.

Таблица 47 - Распределение точности координат точек местности по стереопарам маршрута

Пор. ном. пары	Число точек	По оси X, м			По оси Y, м			По оси Z, м		
		min	ср.кв.	max	min	ср.кв.	max	min	ср.кв.	max
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
По маршр.										

6.4 Анализ таблиц протокола

6.4.1 При техническом и рабочем проектировании аэрофотосъёмки и подготовки снимков установлены параметры аэрофотосъёмки и фототриангуляционной сети, исходя из заданной точности определения координат точек сети и с учётом ожидаемой (расчётной) точности исходных измерительных данных. Если проекты аэрофотосъёмки и подготовки снимков реализованы без существенных отклонений, то заданная точность точек сети будет достигнута при соответствии фактической точности исходных измерительных данных и их ожидаемой (расчётной) точности.

Фактическая точность исходных измерительных данных может быть оценена по результатам уравнительных вычислений при наличии избыточных измерений. Поэтому целью анализа таблиц протокола фототриангулирования является *контроль точности* исходных измерительных данных.

Если обнаруживается, что фактическая точность соответствует ожи-

даемой (расчётной), то выполняется оценка точности фотограмметрического сгущения в соответствии с 6.7 и формируются материалы для приёмки и постоянного хранения в соответствии с 6.8.

Если в результате контроля выяснится, что фактическая точность ниже ожидаемой (расчётной), то проводится более углублённый анализ с целью *достижения ожидаемой (расчётной) точности* исходных данных.

6.4.2 При контроле качества исходных измерительных данных

1) просмотром таблиц и сообщений выявляются и устраняются недопустимые грубые данные. К недопустимо грубым данным относятся выявленные программой грубые погрешности на точках, исключение которых (точек) из состава данных может привести к значительным деформациям сети и, поэтому, недопустимо;

2) сравнением полученной оценки фактической точности с ожидаемой (расчётной) точностью оценивается качество исходных данных. Качество принимается удовлетворительным, если фактическая точность соответствует ожидаемой. Иначе качество оценивается как неудовлетворительное.

6.4.2.1 На этапе построения свободной маршрутной сети при анализе таблиц и сообщений с целью выявления грубых погрешностей пользователь должен руководствоваться следующими правилами:

1) Каждую выявленную программой (таблицы 4, 5, 6) грубую погрешность на координатных метках следует проверить, выяснить причину её возникновения, исправить и обработать безошибочные измерения;

2) Проверка и переизмерение выявленных программой грубых погрешностей при взаимном ориентировании, на связующих и общих точках (список к таблице 8, таблицы 10 и 16) выполняется в тех случаях, если выявленные "плохие" точки нельзя исключить из состава исходных данных без ущерба геометрического качества сети.

6.4.2.2 На этапе построения свободной маршрутной сети контролируется, в основном, точность стереоизмерений. В таблице 48 приведены критерии для погрешностей ряда контролируемых величин (остаточных q, расхождений на точках) в зависимости от ожидаемой точности измерения параллаксов Mpq. Эти критерии получены в результате экспериментальных исследований. Для таблицы 48 и далее ожидаемые значения представлены средними квадратическими значениями.

Приведённые в таблицах 8,10 и 16 средние по маршрутам фактические значения контролируемых величин не должны превышать полуторных значений, приведённых в таблице 48 для соответствующего значения ожидаемой Mpq.

При использовании данных таблиц протокола следует обращать внимание на количесто избыточных измерений. Чем их больше, тем надёжнее оценка фактической точности. При минимально необходимом количестве измерений (например, 5-6 ориентировочных точек при взаимном ориентировании или 2-3 связующих точки) вычисляемой оценкой фактической точности пользоваться нельзя.

Таблица 48 - Средние квадратические значения контролируемых величин по точности измерения параллаксов

Номер таблицы протокола	Контролируемая величина		Ожидаемая ср.кв.пог. измерения, мкм, Mpq				
	наименование	обознач.	07	09	11	13	15
3	Расхождения двух приёмов измерений	M	10	14	16	20	22
8	Остаточные поперечные параллаксы	q	05	06	08	09	10
	Погрешность единицы веса	μ	06	07	09	10	12
11	Расхождения на связующих точках	dy	10	14	16	20	22
		dp	11	14	18	21	24
13	Остаточные погрешности свободной сети	dy	08	10	12	14	16
		dp	06	08	10	12	14
	Погрешность единицы веса	μ	04	05	07	08	09
15	Ост. погрешности условий коллинеарности	x	02	03	04	04	05
		y	03	04	05	06	07

6.4.2.3 Просмотр таблиц 17-23, 24, 26 и сообщений к ним, полученных на этапах уравнивания маршрута позволяет выявить и устранить недопустимо грубые бортовые данные, данные независимой подготовки снимков и плохие опознаки.

Таблицы 23, 25 и 27 позволяют оценить соответствие фактической и ожидаемой точности опорных данных.

6.4.2.4 На этапах построения блока просмотром таблиц 30 и 32 следует выявить и устранить недопустимо грубые расхождения или уклонения на общих точках.

Погрешность измерения координат, характеризующая совместное влияние погрешностей общих точек и опознаков, контролируется с использованием величин, представленных в таблице 49 и рассчитанных для практически встречаемого диапазона значений Mxy.

Таблица 49 - Средние квадратические значения контролируемых величин по точности измерения координат, мкм

Номер табл. прот.	Контролируемая величина		Ожидаемая средн.квадр.погр. измерения координ.,мкм, Mxy						
	наименование	обоз.	10	15	20	30	40	50	70
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
42	Ост. погр. условий коллинеарности полиномного блока	x,y	07	10	14	21	26	33	46

Продолжение таблицы 49

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	Расхождения на точках строго уравненного блока:								
	- общих	dx,dy	14	21	28	42	5[illegible]	70	99
		dp	09	14	18	27	3[illegible]	46	64
	- опознаках	dx,dy	13	19	26	38	5	64	89
		dp	10	15	20	29	3	49	69
45	Ост. погр. условий коллинеарности строго уравненного блока	x,y	04	07	09	13	1[illegible]	22	31

Значения Мху равные 50-70 мкм соответствуют масштабным коэффициентам 0.8-1.4, а 10-15 мкм - масштабным коэффициентам 9-10. Среднее по блоку фактические значения контролируемых величин не должны превышать удвоенных значений, приведённых в таблице 49 и выраженных в микрометрах в масштабе аэрофотосъёмки.

6.4.2.5 При анализе точности опознаков при уравнивании маршрута и полиномного блока по данным таблиц 27, 33 и 34 ожидаемую точность их следует принимать в соответствии с 3.2.1.

6.4.3 Углублённый анализ протоколов с целью выявления путей к достижению ожидаемой (расчётной) точности исходных измерительных данных следует выполнять с соблюдением следующих правил:

1) Фотограмметрические точки с большими остаточными расхождениями выявляются с использованием таблиц 2, 4, 10, 11, 16, 20-22, 26, 32, 34, 46;

2) Возможные нарушения технологии изготовления диапозитивов выявляются с использованием таблицы 6;

3) Возможные резервы повышения точности взаимного ориентировния выявляются с использованием таблиц 8 и 9;

4) При анализе таблиц оценки точности следует обращать особое внимание на "выбросы" - отдельные значения оценок, отличающиеся от среднего по ряду значения в 1.5-2 раза;

5) Для выявления скрытых больших расхождений используется приём ужесточения допусков на браковку (см. 6.5);

6) Механическое исключение из состава данных точек с большими расхождениями улучшает оценку точности, но не повышает точность измерений. Более того, усечение состава измерений может ослабить фотограмметрические связи в сети и исказить результаты. Поэтому точки с большими расхождениями должны переизмеряться.

7) Остаточные погрешности условий коллинеарности на точках снимков характеризуют качество фотограмметрических связей фототриангуляционной сети, её внутреннюю согласованность, сохранность связок лучей

отдельных снимков. Чем меньше эти погрешности, тем лучше. Поэтому необходимо следить за изменением значения погрешностей условий коллинеарности на всех этапах фототриангулирования:

- свободная маршрутная сеть (таблица 15);
- внешне ориентированная маршрутная сеть (то же);
- полиномный блок (таблица 42);
- строго уравненный блок (таблица 46).

При необходимости следует принимать возможные меры к уменьшению этих погрешностей.

6.5 Задание допусков на браковку

6.5.1 Браковка ошибочных (грубых) и выявление измерительных данных с большими погрешностями программа выполняет автоматически в соответствии с вычисляемыми допусками. Пользователь может регулировать допуски изменением установливаемой точности измерительных данных.

Установлимая точность изменяется для данных, приводимых в кодированных строках файла задания InDataBl (коды их даны в скобках):

1) Средние квадратические погрешности измерений координат (Mxy, строка 13.5) и параллаксов (Mpq, строка 13.6) точек снимков используются при расчёте допусков на всех этапах построения свободной маршрутной сети, при уравнивании и объединении маршрутных сетей в блок;

2) Средние погрешности положения точки на карте (строка 2.3) и определения высоты точки (строка 2.4) совместно со знаменателем масштаба карты (строка 2.2) используется для расчёта допусков при уравнивании маршрутов и соединении их в блок по общим точкам и опознакам. Масштаб, кроме того, используется при выдаче в таблицы протокола значений расхождений в миллиметрах;

3) Средние погрешности опознаков традиционно соответствуют: по высоте 1/3 от средней погрешности высоты точки (строка 2.4), а в плане 0.1 мм в масштабе карты. При этом средняя погрешность положения точки на карте (строка 2.3) традиционно соответствует 0.4-0.5 мм в масштабе карты. Нетрадиционную погрешность высотных опознаков можно установить в строке 2.4, используя указанное выше соотношение точка/опознак. Для установки нетрадиционной погрешности плановых опознаков следует воспользоваться строкой 3.1 (см. 6.5.2);

4) Средние погрешности показаний бортовых приборов: RGS/GPS (строка 15.1), статоскопа (строка 16.1), радиовысотомера (строка 17.1), GPS-отметок (строка 19.1), используются для отбраковки указанных показаний.

Уменьшая или увеличивая вышеуказанные погрешности, пользователь имеет возможность ужесточить или ослабить допуски на браковку. Однако при этом следует соблюдать действующие соотношения между точностью различных видов измерительных данных. Существенное нарушение соотношений может вызвать реакцию программы в виде браковки одного из видов данных из-за его низкой точности по сравнению с другими.

6.5.2 Если ожидаемые погрешности опознаков не соответствуют традиционным (см. 6.5.1.3), пользователь может установить фиксированный допуск на браковку опознаков в плане (строка 3.1) и по высоте (строка 3.2). Устанавливаемый допуск должен вдвое превышать ожидаемую погрешность опознаков.

6.5.3 Каждому опознаку пользователь может присвоить индивидуальные веса отдельно в плане и по высоте. Рекомендуемый интервал весов - от 0.1 до 10.0. Если веса опознака не указаны, то по умолчанию им присваивается значение 1.0; при этом считается, что опознак определен с точностью, регламентируемой действующими нормативными документами (см. 6.5.1.3). Уравнивание и отбраковка опознаков осуществляются с учётом присвоенных им весов.

6.5.4 Пользователь может разрешить или запретить браковку показаний бортовых приборов (строки 15.2, 16.2, 17.2, 19.2) и установить фиксированную степень полинома для их уравнивания (строки 15.3, 16.3, 17.3, 19.3). На начальных этапах уравнивания браковку следует запрещать.

6.6 З а д а н и е т р е б о в а н и й к у р а в н и в а н и ю

6.6.1 Измерительные данные, используемые при построении фототриангуляционных сетей, характеризуются избыточностью и разнородностью. Поэтому процесс построения включает уравнивание. Целью уравнивания является получение наиболее надёжных значений координат точек и элементов фототриангуляционной сети и оценку их точности.

6.6.2 Без уравнивания выполняется объединение маршрутов в блок усреднением общих точек. Применять усреднение можно для небольших блоков, все маршруты которых хорошо обеспечены опознаками.

6.6.3 Во всех остальных случаях при построении маршрутных и блочных сетей применяется последовательно полиномное и мультиплексное уравнивание. При уравнивании пользователь может указать тип полинома, его фиксированную степень и критерий браковки опорных данных. Если условия уравнивания не заданы, то они подбираются программой на основе анализа геометрии сети.

6.6.4 На начальных этапах уравнивания, а также при существенных отклонениях плановых опознаков от стандартной схемы, следует применять конформный полином.

Если в результате уравнивания по конформному полиному остаточные расхождения на плановых опознаках указывают на необходимость увеличения масштаба по одной координатной оси и уменьшения - по другой, то следует применять обобщённый полином. Однако при раздельном уравнивании по каждой координатной оси необходимо строгое соблюдение стандартности схемы расположения опознаков.

Ортогональный полином для совместного уравнивания по трём координатным осям применяется при уравнивании высокоточной и жёсткой свободной сети по низкоточным и ненадёжным опознакам. Например, при испель-

зовании контуров обновляемой карты. При таком уравнивании лучше сохраняются фотограмметрические связи сети.

6.6.5 Длины полиномов на начальном этапе уравнивания рекомендуется не лимитировать, поручая тем самым их выбор программе, или заимствовать при блочном уравнивании из маршрутного. При уравнивании показаний бортовых приборов не рекомендуется задавать длины полиномов более двух.

6.6.6 При фототриангулировании, маршрутном и блочном, применяется строгое уравнивание, которое позволяет на основе метода наименьших квадратов исключить систематическую часть погрешностей стереоизмерений, найти согласованные (и вероятнейшие) поправки к разнородным измерительным данным, получить вероятнейшие значения координат и элементов фототриангуляционной сети и объективно оценить их точность. Однако практическое применение строгого уравнивания возможно и целесообразно при соблюдении ряда условий:

1) Измерительные данные, как опорные, так и стереоизмерения, должны быть свободны от грубых погрешностей. Для обеспечения этого условия строгому уравниванию всегда должно предшествовать полиномное (или мультиплексное) уравнивание, по результатам которого следует выявить и устранить грубые и сомнительные данные;

2) Должна быть избыточность измерительных данных - чем их больше, тем лучше;

3) Погрешности разнородных измерительных данных должны быть близки к стандартным. Соотношение фактических погрешностей Mxy/Mpq не должно превосходить 1.5;

4) Надёжность определения параметров самокалибровки существенно возрастает при выполнении аэрофотосъёмки в пределах блока с применением одного АФА и, к тому же - на одном фильме и в одних условиях, т.е. одного залёта. Поэтому при строгом уравнивании не допустимо включать в блок маршруты более чем трёх залетов.

6.6.7 Использовать вышеуказанные средства регулирования браковки и уравнивания в их совокупности рекомендуется следующим образом.

При первом прогоне, с целью гарантированого выявления грубых погрешностей стереоизмерений, бортовых данных и опорных точек, следует:

а) Формировать маршрутные сети, включающие наибольшее количество стереопар и опорных данных, т.е. наибольшей протяжённости;

б) Устанавливать минимальные значения погрешностей:

- определения положения контуров на карте;
- точек карты по высоте;
- измерения координат и параллаксов по снимкам;

в) Запрещать браковку опорных данных;

г) Применять полиномный метод уравнивания при минимальной степени конформного полинома.

После выявления и устранения грубых погрешностей исходных данных при последующих прогонах можно разрешать браковку опорных данных, увеличивать степень полинома или разделять маршрутные сети на части, при-

менять мультиплексный и строгий способы уравнивания.

При заключительном прогоне значения установочных погрешностей увеличиваются в два - три раза с тем, чтобы не исказить результат уравнивания необоснованным исключением доброкачественных данных.

6.7 О ц е н к а т о ч н о с т и

6.7.1 Точность фотограмметрического сгущения наиболее объективно оценивается по контрольным точкам. При этом необходимо строгое соблюдение трёх условий:

- точность определения координат контрольных точек должна быть в 2-2.5 раза выше ожидаемой точности точек фототриангуляционной сети;

- количество контрольных точек должно быть достаточно большим, чтобы обеспечить надёжную статистическую обработку их расхождений со средней квадратической погрешностью оценки не более 20 % от значения оцениваемой точности;

- распределение контрольных опорных точек по фотограмметрической сети должно приближаться к равномерному.

Практическое соблюдение этих условий, учитывая высокую стоимость полевых работ, всегда было трудноразрешимой проблемой, обострившейся в последние годы. В перспективе, с переходом на спутниковые определения координат центров проектирования снимков, использование оценки по контрольным точкам становится крайне дорогостоящим дополнительным процессом.

Поэтому рекомендуются нижеизложенные методы оценки точности фототриангуляционных сетей на основе избыточных измерений, реализуемые с использованием КП ФОТОКОМ 1.1.

6.7.2 Оценка фототриангулирования по результатам построения полиномного (мультиплексного) блока должна выполняться с использованием блока-аналога по

- фактическим средним квадратическим погрешностям измерений координат и параллаксов (Mxy и Mpq);

- средним квадратическим уклонениям координат точек блока-аналога от их истинного значения.

6.7.2.1 Сразу по завершению уравнивания блока следует подготовить задание на создание блока-аналога.

Блок-аналог создаётся следующим образом. Координаты точек и элементы уравненного реального фототриангуляционного блока принимаются за истинные. На их основе моделируются\макетные снимки. Таким образом, полностью сохраняется геометрическое подобие блока-аналога и реального блока (количество и расположение фотограмметрических точек, перекрытия снимков и другие параметры). В точки снимков вводятся нормально распределённые случайные погрешности фотограмметрических измерений в соответствии с заданными средними квадратическими их значениями Mxy и Mpq. При оценке точности эти значения должны строго соответствовать фактическим индивидуальным, заимствованнным из исходных маршрутов реального

блока.

Если известны фактические средние погрешности опорных данных, то по ним также могут быть рассчитаны, смоделированы и введены случайные погрешности опорных данных.

Задание на создание блока-аналога готовится с помощью программы FoMakIn компонента ИССЛЕД в соответствии с частью 10 "Описания ФОТОКОМ". В файле задания FoMData следует правильно указать наименование блока и расширение для файлов с информацией, любое случайное число, а также обязательно заполнить строки: "1.4. Вид блока = 2" и "1.11. Признак выбора точностных параметров макетных маршрутов = 2". Строки "8.1. Средняя погрешность опознаков в плане, мм в м-бе карты =" и "8.2. Средняя погрешность опознаков по высоте, м =" заполняются в соответствии с фактической точностью опознаков.

В результате вычислительной обработки файла данных FoMData по программе FoMak выдаётся протокол ProtFom, в котором содержатся в виде сообщений фактическая точность стереоизмерений в виде средних квадратических погрешностей измерений координат и параллаксов Mxy и Mpq. Средние квадратические погрешности этих оценок на уровне 40 % и 15\20 % соответственно.

6.7.2.2 Для получения оценки точности координат точек фототриангуляционной сети вычислительную обработку следует продолжить

- *построить по модели-аналогу все маршрутные сети, принадлежащие* блоку, с использованием программы OdnoMar;

- построить по модели-аналогу блочную сеть с полиномным (мультиплексным) уравниванием с использованием программы BlockAd;

- выполнить статистическую обработку разностей координат полученной блочной сети и её безошибочной модели с использованием программы Stata.

В *протоколе* ProtStat (*Протокол оценки точности фототриангуляции*, выполненной по макетным снимкам) приведены по каждому маршруту таблицы 50, 51 и 47. Кроме того, в таблице, по форме идентичной таблице 50, приведена точность в целом по блоку.

Т а б л и ц а 50 - Оценка точности фототриангулирования по макетным снимкам

	Виды и значения погрешностей				
Ось	ср.кв	сред.	max	min	сист.
X					
Y					
d					
Z					

Продолжение таблицы 50

Колич.погрешн.			Распред.по интерв.в пл.и по Z					
по-ложж.	от-риц.	все-го	0.1 0.08	0.3 0.17	0.5 0.25	0.7 0.38	1.0 0.50	боль -ше

Т а б л и ц а 51 - Таблица истинных погрешностей ЭВО снимков для маршрута

Номер снимка		Коорд.центра проектиров.			Углы наклона снимка, г.мн.ск.		
п/п	действит.	X, м	Y, м	Z, м	alpha	omega	kappa

В таблице 50 представлены погрешности (в плане - в миллиметрах в масштабе карты, по высоте - в метрах) по:

а) точкам сети (модели местности);

б) опознакам;

в) центрам проектирования.

Для оценки точности фототриангуляции, полученной в результате полиномного (мультиплексного) уравнивания блока, рекомендуется использовать только средние квадратические погрешности точек сети по маршрутам и блоку в целом.

Данные таблицы 47 позволяют характеризовать размах колебаний точности по стереопарам и равномерность распределения точности в пределах сети. Данные таблицы 51 характеризуют точность элементов внешнего ориентирования снимков, используемых для последующего расчёта установочных данных.

6.7.2.3 При использовании для оценки точности фототриангуляции, выполненной по макетным снимкам блока-аналога, следует учитывать, что эта оценка соответствует оценке точности реальной сети, в которой устранены все большие погрешности. В противном случае она является завышенной.

6.7.3 Оценка фототриангулирования по результатам строгого уравнивания блока должна выполняться с использованием оценок уравнивания:

- средняя квадратическая погрешность единицы веса;

- вероятных погрешностей координат точек сети по стереопарам, маршрутам и блоку в целом.

Для выполнения оценки при окончательном счёте строгого уравнивания в файле задания BlAdData следует установить следующие значения в строках: "2. Вид уравнивания = 4" и "9. Выполнить оценку точности уравненной сети? (Y/N) = Y".

Средняя квадратическая погрешность единицы веса выдаётся в прото-

кол в сообщении к таблице 46. Её значение в пределах 10-15 мкм следует считать хорошим результатом при высокоточных работах для отечественных условий.

6.8 Представление материалов фототриагулирования

По завершению фототриангулирования формируется материал для приёмки, последующего долговременного хранения и использования при обновлении:

а) не секретные:

- схема проекта фотограмметрического сгущения с пометками забракованных опознаков и другими рабочими пометками;
- пояснительная записка фотограмметрического сгущения со сведениями по оценке точности;
- откорректированный файл "стереоизмерения", свободный от грубых измерений, и файлы задания окончательного счёта: InDataBl, BlAdData, FoMData;
- файлы протоколов окончательного счёта: ProtOdn, ProtBlAd, ProtRaBl, ProtFom;

б) секретные (в зависимости от системы координат и площади):

- контактные отпечатки с проектом фотограмметрических точек;
- контактные отпечатки с полевыми опознаками;
- плёночные диапозитивы (или аэронегативы);
- распечатка файла "геодезия";
- распечатка каталога точек фототриангуляционной сети.

Примечания

1) По требованию ОТК могут предоставляться распечатки протоколов окончательного счёта или выписки из них.

2) Все файлы архивируются, дублируются и размещаются на хранение при соблюдении условий, обеспечивающих их безусловную сохранность.

3) Основные файлы BlFile и Stripnnn, соответствующие окончательному счёту, сохраняются на время выполнения последующих работ аэрофототопографической съёмки по изготовлению фотопланов, стереорисовке и выдаче каталогов.

7 ВЫДАЧА РЕЗУЛЬТАТОВ

По завершению и приёмки фототриангулирования в соответствии с техническим проектом выполняется решение сервисных задач с использованием программ компонента СЕРВИС и в соответствии с частью 5 "Описания применения" КП ФОТОКОМ 1.1 и выдача результатов для последующих работ аэрофототопографической съёмки.

7.1 Подготовка данных для фототрансформирования

Подготовка данных для фототрансформирования включает:

1) Формирование, с использованием программы ServIn, задания на подготовку данных для фототрансформирования, которое записывается в файл ServData. При этом указываются:

- индексы нужных маршрутов;
- тип фототрансформатора и вид плоскости трансформирования: горизонтальная или наклонная;
- порядок компановки таблиц установочных элементов (УЭ): по маршрутам и/или по трапециям;
- дополнительные требования к трапециям;
- полнота выдачи (для всех трапеций на блок или выборочно);
- данные для вывода трансформационной основы на графопостроитель;
- требования к отбору точек, отображаемых на основе;
- требования к километровой сетке;
- данные о планшете;
- требования к выдаче текстового каталога точек;

2) С использованием программы Rectif расчёт и выдачу файлов для вычерчивания трансформационных основ, затребованных УЭ в файл ProtRect и/или на принтер, а также текстового каталога для неавтоматизированного вычерчивания трансформационных основ.

7.2 Расчёт установочных элементов

Расчёт установочных элементов фотограмметрических приборов и/или элементов внешнего ориентирования снимков и/или стереопар включает:

1) Подготовку с помощью программы ServIn задания для расчёта установочных элементов (УЭ) и/или выдачи элементов внешнего ориентирования (ЭВО), которое формируется в файл ServData. При этом не указываются по сравнению с 7.1 данные, необходимые для вычерчивания трансформационных основ, а при необходимости добавляются:

- типы аналоговых стереофотограмметрических приборов;
- требование выдачи элементов внешнего ориентирования (ЭВО) снимков или стереопар;

2) С использованием программы Ustanov расчёт и выдачу на принтер и/или в файл ProtUst затребованных УЭ и/или ЭВО.

7.3 Формирование каталогов

Формирование каталогов координат по трапециям включает:

1) Подготовку с использованием программы ServIn задания на формирование каталогов координат по трапециям, которое формируется в файл ServData. При этом не указываются, по сравнению с 9.4.1, данные, относящиеся к УЭ;

2) С использованием программы Catalog расчёт и выдачу файлов для вычерчивания плановых основ, а также текстового каталога в файл AAAtrBBB.txt и протокола ProtCat и/или на принтер.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

1 Введение 3
2 *Общие положения* 3
3 Требования к исходным материалам 7
3.1 Требования к аэрофотосъёмке 7
3.2 Требования к подготовке снимков 9
4 Подготовительные работы 13
4.1 Изучение исходных материалов 13
4.2 Подготовка материалов и данных 15
4.3 Рабочее проектирование фототриангуляционной сети . . . 18
5 Стереоизмерения 22
5.1 Измерительные приборы 22
5.2 Измерения на автоматизированных приборах 23
5.3 Измерения на неавтоматизированных стереокомпараторах . . 24
6 Вычислительная обработка 25
6.1 *Общие сведения* 25
6.2 Содержание протокола построения маршрутной сети . . . 26
6.2.1 Свободная маршрутная сеть 26
6.2.2 Внешне ориентированная маршрутная сеть 33
6.2.2.1 Предварительное уравнивание 34
6.2.2.2 Окончательное уравнивание 36
6.2.2.3 Контроль уравнивания 37
6.3 Содержание протокола построения блока 38
6.3.1 Усреднение общих точек 39
6.3.2 Полиномный блок 42
6.3.3 Строго уравненный блок 44
6.4 Анализ таблиц протокола 46
6.5 Задание допусков на браковку 50
6.6 Задание требований к уравниванию 51
6.7 Оценка точности 53
6.8 Представление материалов фототриангулирования 56
7 Выдача результатов. 56
7.1 Подготовка данных для фототрансформирования 57
7.2 Расчёт установочных элементов 57
7.3 Формирование каталогов 57

gost.e-ecolog.ru