МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЗОВО–ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ

Кафедра: «Землеустройство и кадастры»

ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Методические указания
по выполнению курсовой работы для
студентов очной и заочной формы обучения
Направление 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

Об издании – *1*, *2*
Содержание

Зерноград – 2024

УДК 528.7

Издается по решению методического совета
факультета экономики и управления территориями
«Азово–Черноморского инженерного института» – филиала
Федерального государственного образовательного учреждения
Высшего образования
«Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

Рецензент
доктор сельскохозяйственных наук, профессор ***Л.П. Бельтюков***
Ответственный редактор
кандидат технических наук, доцент ***Калинин А.А.***

Фотограмметрия и дистанционное зондирование: методические указания по выполнению курсовой работы «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» [Электронное издание] / А.А. Калинин, Ж.В. Матвейкина, Н.В. Пономаренко. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024. – 31 с. - Режим доступа: Локальная сеть Библиотеки Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ.

В пособии изложены задания и методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование». Курсовая работа посвящена разработке проекта аэрофотосъемки и планово-высотной подготовке снимков для стереотопографического метода составления плана на аналоговых цифровых приборах.

Содержание методического указаниясоответствует рабочей программе дисциплины, и предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 – Землеустройство и кадастры, профиль – Землеустройство.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры
«Землеустройство и кадастры»
Протокол № 7 от15.02.2024 г.
Рассмотрено и одобрено методической комиссией по направлению
подготовки 21.03.02 – Землеустройство и кадастры
Протокол № 6 от 22.01.2024 г.

© Калинин А.А., Матвейкина Ж.В.
© Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ,2024

Содержание

Введение…….. 4

1. СТЕРЕОТОПОГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА МЕСТНОСТИ…….... 7

1.1 Общие положения…… 7

1.2 Краткие сведения о аэрофотосъемке…… 8

2. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ЛЕТНО-СЪЕМОЧНЫХ РАБОТ……..… 12

2.1 Целевое назначение материалов аэрофотосъемки……... 12

2.2 Задание к курсовой работе……..... 12

2.3 Расчет высоты фотографирования и масштаба аэрофотосъемки.. 13

2.4 Расчет плотности планово-высотной привязки аэрофотоснимков 16

2.5 Аэрофотосъемочные работы……..… 18

2.6 Проектирование аэрофотосъемочных маршрутов……..… 20

2.7 Проектирование планово-высотных и высотных опознаков…….. 21

2.8 Проектирование геодезических работ для планово-высотной привязки снимков……..… 23

3. СОСТАВЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ……..…. 25

Литература…… 27

Приложения……..…. 28

Введение

Фотограмметрия – это техническая наука о методах определения формы, размеров и положения объектов по их фотографическим изображениям. Задача данной дисциплины заключается в создании топографических и специальных видов картографирования. С помощью фотограмметрических методов можно экономично и точно решать проблемы при выполнении прикладных инженерных задач в землеустроительных организациях, т.е. непосредственно по снимкам измерять площади участков местности, определять их уклоны, проектировать мелиоративные мероприятия и т.д. также работы целесообразно выполнять и по снимкам, полученным нефотографическими съемочными системами. Процесс отбора подлежащих измерению или нанесению на изготавливаемые планы и карты объектов выполняется перед ведением метрических действий. В ходе дешифрирования осуществляется опознавание этих объектов на анализируемых изображениях, определение их качественных и численных характеристик, нанесение их положения или границ простирания и выражение полученных данных условными знаками. Этот процесс является неотъемлемой частью технологии использования аэро- и космических снимков для картографирования территорий и выполнения специальных изысканий.

Реализация учебного пособия позволит рационально использовать прогрессивные фотограмметрические методы сбора, переработки и представления информации об условиях проектирования, а также восстановления моделей местности и проектируемых сооружений с целью анализа и оценки полученного решения и изучения существующих объемов.

Целью курсовой работы по дисциплине «Фотограмметрия» является приобретение практических навыков при составлении проекта аэрофотосъёмки и плановой высотной подготовки снимков для стереотопографического метода составления плана на аналоговых цифровых приборах.

Данные методические указания предназначены для изучения дисциплины «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» для студентов-бакалавров направления 21.03.02 – Землеустройство и кадастры (профиль «Землеустройство»).

Методическое указание предназначено для формирования у обучающихся следующих компетенций:

– ПК-2.1 –Способен использовать современные геоинформационные системы, информационно-телекоммуникационные технологии и моделирование в землеустройстве;

– ПК-3.2 – Способен представлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;

– ПК-4.2 – Способен использовать средства по оцифровке картографической информации, работать с цифровыми и информационными картами;

– ПК-5.1 – Способен применять методы создания и развития государственной геодезической сети, создаваемой в установленном Правительством

Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти порядке;

– ПК-5.2 – Способен работать с цифровыми и информационными картами, вести базы данных, предназначенных для ведения ГКН, в части инфраструктуры пространственных данных;

– ПК-7.1 – Способен использовать компьютерные технологии при разработке проекта выполнения инженерно-геодезических работ с использованием оборудования, приборов и методов.

В результате освоения указанных компетенций обучающиеся должны:

Знать:

– современные методики технического проектирования и создания землеустроительной документации, с использованием данных дистанционного зондирования;

– источники информационных ресурсов; аэро- и космические съёмочные системы;

– методы работы с данными дистанционного зондирования Земли, для создания цифровых карт и планов местности;

– теоретические основы фотограмметрии, основные фотограмметрические приборы и технологии обработки видеоинформации, аэрокосмических и наземных снимков при создании геодезических сетей специального назначения (опорных межевых сетей);

– технологии цифровой фотограмметрической обработки снимков, полученных при дистанционно м зондировании Земли, для создания планов и карт для целей землеустройства и кадастров;

– перспективные направления получения и обработки аэро- и космической видеоинформации с помощью современных компьютерных технологий при выполнении специализированных изысканий, проектных работ, наблюдений за состоянием земель и природной среды.

Уметь:

– представлять информацию, полученную в результате дистанционного зондирования, в требуемом формате с использованием компьютерных технологий; выполнять задачи тематического дешифрования, входящие в сферу дистанционного зондирования для решения задач кадастров;

– оценить качество получаемых результатов выполнение аэро- и космических съёмок;

– корректно использовать информационные технологии при решении задач, оценивать результаты использования информационных технологий в землеустройстве и кадастровой деятельности;

– работать на современных фотограмметрических приборах, применять технологии дешифрирования видеоинформации, аэрокосмических и наземных снимков для работы с базами данных, предназначенных для ведения ГКН, в части инфраструктуры пространственных данных;

– выполнять комплекс фотограмметрических преобразований снимков для получения специальной метрической информации в целях создания цифровых карт местности;

– использовать методы цифровой фотограмметрии и технологии дешифрирования, аэро- и космических снимков при ведении ГКН.

Владеть:

– навыками сбора и обработки результатов дешифрирования с использованием современных программных продуктов для дальнейшего использования при создании цифровых карт местности;

– методикой комплексной оценки критериев метрических и изобразительных свойств аэро- и космических снимков; навыками выполнения дешифрирования для создания и обновления топографических и тематических планов и карт;

– навыками работы с информационными системами в землеустройстве и кадастровой деятельности;

– технологиями создания и обновления карт, планов и цифровых моделей местности фотограмметрическими методами и навыками работы с фотограмметрическими приборами и системами дистанционного зондирования при работе с государственной геодезической сетью при ведении ГКН;

– навыками создания и обновления цифровых моделей местности и картографических материалов;

– навыками использования различных материалов аэро- и космических съемок землеустроительных проектных и кадастровых работах теоретическими и практическимирешениями оптимизации выбора материалов съемок для выполнения конкретных работ.

1 СТЕРЕОТОПОГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА МЕСТНОСТИ

1.1 Общие положения

В настоящее время основным методом создания топографических карт и планов является стереотопографический, основанный на фотограмметрической обработке снимков, которая реализована в двух вариантах: аналоговом и аналитическом. Первый из них базируется на использовании специальных фотограмметрических приборов, позволяющих в камеральных условиях осуществлять одновременно все необходимые для составления плана (карты) процессы. Аналитический вариант предусматривает цифровую обработку аэрокосмической информации с целью создания цифровых моделей местности и электронных карт и планов. Он ориентирован на современные компьютерные технологии и средства компьютерной графики. В землеустройстве и земельно-кадастровых работах наибольшее применение пока находит первый вариант фотограмметрической обработки снимков. При этом основными аналоговыми фотограмметрическими приборами являются:

- стереограф профессора Ф.В. Дробышева (СД-3):
- стереопроектор профессора Г.В. Романовского (СПР-3):
- стереограф ЦНИИГАиК (СЦ).

В отличие от аналитического метода модель, созданная на может сыть не только визуально просмотрена и изучена, но и с ее помощью возможно выполнять различные измерения (такие, как определение координат и высот интересующих точек, измерения длин выполнение инженерных изысканий). К недостатком модели, созданной на аналоговом приборе можно отнести низкую по сравнению с аналитическими методами точность обработки снимков на универсальных стереоприборах за счет их сложности, следовательно, меньшей, чем у аналитических приборов, инструментальной точности.

Вместе с тем стереотопографический метод топографической съемки пока не может быть реализован без геодезических измерений на местности. Они необходимы для формирования результатов фотограмметрической обработки снимков (карт, планов. ЦММ и др.) в геодезическом пространстве местности. Процесс преобразования фотограмметрической информации в геодезическую в фотограмметрии носит название «внешнее ориентирование фотограмметрической модели». И эта задача решается по опорным точкам. ***Опорные точки*** позволяют производить трансформирование одиночных снимков и геодезическое ориентирование пространственных моделей местности. Геодезические координаты опорных точек можно получить с помощью геодезических измерений в поле или камерально-фотограмметрическим методом.

Процесс опознавания на снимках точек местности и определение координат этих точек геодезическими методами называют ***привязкой аэрофотоснимков***. В качестве опорных точек выбирают надежно идентифицируемые

на снимках точки местности. Привязку, обеспечивающую каждый снимок или каждую стереопару опорными точками в количестве, необходимом для фотограмметрической обработки, называют ***сплошной,*** а в противном случае – ***разреженной***. При разреженной планово-высотной подготовке снимков, чаще всего применяемой на практике, технологией работ предусмотрено восполнение недостающих опорных точек фотограмметрическими методами. Этот процесс носит название «фотограммсгущение» и осуществляется одним из способов пространственного фототриангулирования, чаще всего с использованием аналитических методов. Процесс фотограммсгущения также нуждается в опорных точках, для чего и производится разреженная планово-высотная привязка снимков.

Если в результате привязки у каждой опорной точки определены все три геодезические координаты, то привязка называется планово-высотной, если только плановые координаты – плановой, если только высотная координата – ***высотной.*** Опорные точки, получаемые по фототриангуляции, называют ***фотограмметрическими точками.*** Точность их определения в плане и по высоте заметно ниже точности опознаков, которые определены геодезическими методами на местности. Поэтому к фотограммсгущению предъявляются жесткие требования, в соответствии с которыми координаты и высоты опорных фотограмметрических точек должны иметь надлежащую точность, аналогичную той, которая предъявляется к точкам съемочного обоснования при топографических съемках местности.

Точность фотограммсгущения зависит от многих факторов, в том числе и от расстояния между планово-высотными опознаками по направлению маршрута. Для расчетов это расстояние исчисляется количеством базисов (n) между смежными рядами опознаков. обычно проектируемых и закрепляемых на местности поперек прокладываемых маршрутов аэросъемки. Для расчетов n используются рекуррентные формулы точности фотограммсгущения, в которых помимо других факторов, влияющих на точность, присутствует величина n,которую и подбирают, исходя из требуемой точности получения координат и высот опорных фотограмметрических точек. В свою очередь, требуемая точность зависит от масштаба плана и высоты сечения рельефа горизонталями, плана, который предстоит создать по материалам проектируемой аэрофотосъемки.

1.2 Краткие сведения об аэрофотосъемке

Аэрофотосъемкой называется процесс фотографирования земной поверхности с самолета или другого летательного аппарата. Она производится специальным аэрофотоаппаратом (АФА), как правило, днем в безоблачную погоду при высоте солнца более 10.

Основным документом для выполнения аэрофотосъемки является технический проект, которым определяются основные параметры аэрофотосъемки (высота фотографирования, продольное и поперечное перекрытия, базис фотографирования, расстояние между маршрутами, количество требуемых

фотоматериалов).

При создании топографической основы фотограмметрическим методом используют снимки, полученные отечественными фотоаппаратами АФА-ТЭ, АФА-ТЭС, а из зарубежных производителей – LMK,RC-30 (Leica). В качестве носителей съемочной аппаратуры применяют самолеты (Ан-2, Ан-30, Ту-134СХ), вертолеты (Ка-26), БПЛА.

Основные этапы комплекса аэрофотосъемочных работ:

- разработка технического задания (проекта);
- подготовка аэрофотосъемочного оборудования, полетного задания и т.п.
- аэрофотографирование;
- фотолабораторная обработки аэрофильмов (проявление, фиксирование, сушка, нумерация негативов, контактная печать аэроснимков);
- составление накидного монтажа и изготовление его репродукции, оценка фотографического и фотограмметрического качества материалов аэрофотосъемки;
- сдача материалов аэрофотосъемки заказчику.

На первом этапе определяются границы съемочных участков. Для этого по заданным значениям масштаба аэрофотосъемки и фокусного расстояния вычисляется высота фотографирования и по формуле (1) проверяют, удовлетворяют ли характеристики рельефа местности требованиям аэрофотосъемки.

$$(h_{max}-h_{min})/H<0{,}2 \qquad (1)$$

Если условие не выполняется, то объект разбивается на отдельные съемочные участки, для каждого из которых вычисляются свои параметры, кроме того размер съемочного участка не должен быть слишком большим, чтобы аэрофотосъемка была выполнена в один полет.

Границами съемочных участков служат, как правило, рамки топографических трапеций. Для каждого съемочного участка вычисляются величины, приведенные в таблице.

Основными параметрами аэрофотосъёмки являются: масштаб фотографирования (m), высота фотографирования ($H_Ф$), фокусное расстояние АФА(f), а также продольное и поперечное перекрытия аэрофотоснимков (P_x и P_y). Первые три параметра связаны соотношением:

$$\frac{1}{m}=\frac{f}{H_Ф} \qquad (2)$$

Высоту фотографирования относительно средней плоскости участка аэрофотосъемки $H_Ф$ найдем по формуле:

$$H=m\cdot f \qquad (3)$$

Продольные и поперечные перекрытия снимков, определяются в соот-

ветствии с «Основными положениями по аэрофотосъемке», выполняемой для создания и обновления карт.

Величины перекрытий задаются в процентах от формата снимка (l), принимаемого за 100 %.

Продольное и поперечное перекрытие снимков рассчитывается по формулам:

$$P_x = l_x / l \cdot 100\% \quad (4)$$

$$P_y = l_y / l \cdot 100\%, \quad (5)$$

где l_x l_y – размер перекрытий части снимка вдоль его оси абсцисс и ординат соответственно.

При фиксированном (известном) формате снимка ($l \times l$) и заданных продольном (P_x) и поперечном (P_y) перекрытиях таких снимков базис фотографирования B_x и расстояния между осями смежных маршрутов B_y в масштабе аэрофотосъемки определяются соответственно по следующим формулам:

$$B_x = l \cdot (100 - P_x)/100 \quad (6)$$

$$B_y = l \cdot (100 - P_y)/100 \quad (7)$$

Масштаб аэрофотосъемки, как это следует из формулы (2), зависит от высоты фотографирования и величины фокусного расстояния АФА. Оба эти параметра главным образом определяют точность фотограмметрической обработки снимков, поэтому к их выбору подходят с особой тщательностью и ответственностью при проектировании летно-съемочных работ. Не касаясь пока этих вопросов, введем лишь понятие самой высоты фотографирования, точнее, относительно чего ее отсчитывать. Чтобы ответить на данный вопрос, необходимо принять во внимание тот факт, что рельеф местности приводит к разномасштабности частей снимка вследствие смещения точек на нем от своего планового положения из-за разных высот фотографирования над отдельными участками местности. Смешение точек на снимке характеризуется формулой:

$$\delta r_h = \frac{rh}{H} \quad (8)$$

где r - радиус-вектор положения точки на снимке;

h - превышение этой точки над плоскостью, относительно которой задана высота фотографирования H.

Если высоту фотографирования задавать над средней плоскостью объекта съемки, то превышения отдельных точек над ней уменьшатся в два раза, следовательно, в два раза и уменьшится величина δr_h. Так и поступают

при проектировании летно-съемочных работ. При этом высоту (отметку) этой горизонтальной плоскости ($A^{ср}$) определяют по формуле:

$$\mathrm{A_{ср}} = 0{,}5(\mathrm{A}_{max} + A_{min}), \qquad (9)$$

где $\mathrm{A_{max}}$,$\mathrm{A_{min}}$ - максимальная и минимальная высоты точек на объекте.

2 СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА ЛЕТНО-СЪЕМОЧНЫХ РАБОТ

2.1 Целевое назначение материалов аэрофотосъемки

В рамках курсовой работы проект летно-съемочных работ и планово-высотной подготовки снимков составляется с целью создания топографических планов заданного масштаба с назначенной высотой сечения (h_c) рельефа горизонталями стереотопографическим методом на аналоговых фотограмметрических приборах.

Каждому студенту предложен объект картографирования, обозначенный на топографической карте того или иного масштаба, а также тип летательного аппарата, его крейсерская скорость, перечень типов аэросъемочных камер (АФА) и обрабатывающих фотограмметрических приборов. Кроме того, приведены технические характеристики АФА и возможности аналоговых стереоприборов.

Главной задачей проектирования является обоснованный выбор высоты фотографирования и масштаба аэрофотосъемки, так как эти параметры в основном определяют стоимость проекта и должны обеспечить требуемую точность последующих картосоставительных работ. Естественно, чем меньше снимков понадобилось для фотографирования местности, тем менее затратной будет их последующая фотограмметрическая обработка. Поэтому стремятся к увеличению соотношения масштаба картографирования (*1:t*) и масштаба фотографирования местности.

$$(1:t)/(1:m)>1 \qquad (10)$$

Выполнение условий по отношению (10) ведет к заметному снижению затрат при составлении топографических карт по снимкам.

Однако разрешающая способность снимков, следовательно, и точность их обработки снижаются по мере увеличения знаменателя масштаба съемки (*m*). И хотя масштаб аэрофотосъемки можно регулировать путем изменения величины фокусного расстояния АФА [см. формулу (2)], тем не менее величина $m/t=k$ не может быть чрезмерно большой, в том числе и по другим причинам.

Проект геодезической привязки снимков базируется на топографической изученности объекта съемки по картографическим материалам, характере рельефа b растительности, а также на точности определения координат и высот опознаков. которая зависит от масштаба картографирования и высоты сечения рельефа горизонталями.

2.2 Задание к курсовой работе

Исходные данные.

1. Топографическая карта на объект картографирования.
2. Тип летательного аппарата и его крейсерская скорость.

3.Перечень типов аэрофотоаппаратов (АФА) для выполнения аэросъемочных работ (таблица 1).

4. Перечень аналоговых фотограмметрических приборов для составления топографического плана.

5. Расчетное перекрытие снимков.

6. Технические характеристики АФА и аналоговых стереоприборов.

Содержание задания.

1. Разработать проект летно-съемочных работ, обоснованно подтвердив расчетами выбор высоты фотографирования и масштаба аэрофотосъемки.

2. Рассчитать плотность полевой геодезической привязки аэрофотоснимков.

3.Составить мотивированное заключение о подходе к проектированию опознаков: будут ли в качестве последних использоваться естественные местные предметы или они подлежат специальному маркированию перед выполнением летно-съемочных работ.

4. Выполнить необходимые для съемки аэрофотосъемочные расчеты и определить потребное количество аэрофотопленки.

5. Обосновать методы планово-высотной подготовки снимков, согласуя их выбор с масштабом картографирования, высотой сечения рельефа н типом ландшафта на объекте.

6. Выполнить графическое оформление проекта аэрофотосъемки и планово-высотной привязки фотоснимков.

7. Составить пояснительною записку.

2.3 Расчет высоты фотографирования и масштаба аэрофотосъемки

При проектировании аэрофотосъемочных маршрутов необходимо стремиться к максимальному соотношению масштабов картографирования и съемки, т. е.

$$k=m/t> 1 \qquad (11)$$

Увеличение коэффициента k обеспечивает заметное уменьшение числа снимков, что в свою очередь, сокращает объем полевых и камеральных работ, снижает затраты картографического производства. Однако повышать коэффициент можно до определенного предела. Вызвано это тем, что при составлении плана ошибки фотоизображения переносятся на него увеличенными в k раз, что может привести к недопустимым погрешностям в положении контуров на

плане. Следовательно, необходимо определить разумное соотношение масштабов плана и снимка, т. е. надо знать метрические свойства снимка и требования к точности изображения объектов местности на плане.

Аналитически это можно представить так:

$$m\leq(\delta_{пл}/\delta_{сн})\cdot t, \qquad (12)$$

где $\delta_{пл}$, $\delta_{сн}$ – соответственно допустимая погрешность положения точки на плане и линейная разрешающая способность фотоизображения совместно с ошибками отождествления и измерения координат точки на снимке.

В соответствии с требованиями к проведению топографических работ необходимо, чтобы средняя ошибка $\delta_{пл}$ определения на карте (плане) планового положения точки не превышала *0,35 мм*. Основную часть ошибки $\delta_{сн}$ составляет линейная разрешающая способность съемочной системы. Разрешающая способность определяется числом раздельно воспроизводимых черных линий в 1 мм изображения при таком же белом интервале между ними. Ее определяют путем съемки штриховой или радиальной меры (специальный тест-объект). Например, если АФА имеет разрешение 25 мм$^{-1}$, то это означает, что в 1 мм изображения может быть различимо до 50 черных и белых линий, размер которых составит 0,02 мм (1 мм/50). В таблице 1 в числе других технических характеристик АФА дана и разрешающая способность объектива съемочной камеры.

Таблица 1

Технические характеристики АФА

Тип АФА	Фокусное расстояние, мм	Разрешающая способность, мм$^{-1}$	Диапазон выдержек, с
ТЭС–5	50	15	1/70–1/850
ТЭС–5М	72	25	1/70–1/850
ТЭС–70С	70	15	1/50–1/440
ТЭС–10М	100	33	1/70–1/700
ТЭ–140М	140	20	1/30–1/240
ТАФА–10	100	18	1/70–1/1000
ТЭ–200М	200	20	1/40–1/240
ТЭ–35	350	35	1/70–1/700
ТАФА–20	200	35	1/70–1/1000

Вторая составляющая 6а обусловлена возможностями зрительного аппарата человека в отождествлении соответственных (одноименных) точек на смежных снимках п инструментальной точностью стереокомпаратора, на котором измеряются координаты точек.

Суммарное значение $\delta_{сн}$ обычно представляют в виде выражения типа:

$$\delta_{сн}=c\cdot r, \qquad (13)$$

где r - линейная разрешающая способность АФА;

c - коэффициент, зависящий от вышеуказанных факторов, который изменяется в пределах от 1,5 до 3,0.

На современном уровне развития фотограмметрического приборостроения и технологии обработки снимков соотношение масштабов плана и аэрофотосъемки достигло величины 8-10 . т. е. на практике $k \leq 10$. И с этим надо считаться при определении m по формуле (12).

Высота фотографирования *H* существенно влияет на точность определения превышений, следовательно. И на точность отображения рельефа на плане. При заданном масштабе аэросъемки высоту фотографирования можно уменьшить за счет уменьшения фокусного расстояния АФА ($H=f\cdot m$) . Однако f не может быть меньше 50-70 мм, так как технически трудно при формате кадра *180х180 мм* изготовить объектив с углом поля изображения более 120°. Да в не во всех случаях можно использовать короткофокусную технику. Например, при съемке горных и высокогорных районов нельзя применять АФА с очень коротким фокусным расстоянием, так как с уменьшением высоты фотографирования (а именно об этом здесь и идет речь) возрастают смещения точек из-за рельефа местности [см. формулу (8)], что может привести к потере стереоэффекта при стереоскопическом наблюдении снимков. Поэтому в равнинной местности ятя съемки используют широкоугольные АФА ($100 \gg f > 50$ мм), в предгорных районах – нормальноугольные ($200 \gg f > 100$ мм). в горных и высокогорных – узкоугольные АФА (f *>200мм*).

Основным критерием при выборе (обосновании) высоты фотографирования является высота сечения рельефа горизонталями и точность подписываемых на плане высот точек. Принято считать, что погрешность высот точек, подписываемых на плане (в том числе высот горизонталей), не должна превышать 0,20-0.25 от высоты сечения рельефа (h_c)/ Следовательно, максимальная высота фотографирования не может быть больше величины, вычисленной по формуле:

$$H_{max} 5000 \cdot \delta h, \qquad (14)$$

где δh и есть 1/5...1/4 от h_c.

Пример расчета.

Выбрать параметры аэрофотосъемка (АФС) для создания плана в масштабе 1:25000 на равнинную территорию с сечением рельефа 2.5 м с таким расчетом, чтобы погрешность в определении высот не превышала 0.5 м (2.5 0.2).

Полагая, что $\delta_{пл}=0,35$ *мм,* $\delta_{сн}=2,0\cdot0,03=0,06$ [по формуле (13)], рассчитаем масштаб АФС по формуле (12). В результате получим $m<146\,000$.

При тех же исходных данных $H_{max}=5000\ 0,5=2500$ *м.* Определим теперь фокусное расстояние АФА:

$$f = \frac{H}{m} = \frac{2500}{146000} = 0{,}017 \text{ м} = 17 \text{ мм}$$

Поскольку АФА с таким фокусным расстоянием нет, то учитывая равнинный характер местности, выбираем *f= 55 мм*. Тогда окончательно *f=55 мм*, *H = 2500 м*, m=H/m=2500/0,055=45455=45000. Поскольку знамена-

тель АФС округлили, то необходимо пересчитать и высоту фотографирования, т.е.:

$$H=m\cdot f=45000\cdot 0{,}055=2475 \text{ м.}$$

Как видим, для мелкомасштабных планов $k=m/t=45000/25000=1{,}8$, что вызвано высокими требованиями к точности определения высот точек, и это ограничило высоту фотографирования.

2.4 Расчет плотности планово-высотной привязки аэрофотоснимков.

Сплошная планово-высотная подготовка аэроснимков применяется достаточно редко. Она сопряжена с большими затратами на полевые геодезические измерения, тем не менее используется при крупномасштабном картографировании плоскоравнинной территории с малой высотой сечения рельефа горизонталями (0,25; 0,50 м). В остальных случаях ведется разреженная привязка снимков, а для восполнения недостающих опорных точек выполняется, как было указано выше, фотограммсгущение, основным методом которого является аналитическая пространственная фототриангуляция. Точность получаемых координат и высот точек данным способом зависит и от высоты фотографирования, и от величины фокусного расстояния АФА, а также от инструментальной точности стереокомпаратора, на котором ведутся измерения плоских координат точек. Заметное влияние на точность пространственного фототриангулирования оказывают формат снимков и их перекрытие. И это еще не все. Точность фототриангуляции, кроме вышеперечисленного, зависит от числа стереопар (n), используемых при фототриангулировании.

Для развития фототриангуляции маршрут делят на секции, каждая из которых должна быть обеспечена необходимым количеством опорных точек для внешнего (геодезического) ориентирования фотограмметрической сети. Речь идет о маршрутной фототриангуляции. (Существуют и другие методы фотограммсгущения, например, многомаршрутная фототриангуляция). Фототриангуляция строится в пределах двух секций, включающих по *n* стереопар (базисов) в каждой секции. Наиболее слабые места в определении координат и высот точек находятся в серединах этих секций, т. е. на максимальном удалении определяемых точек от опорных, координаты и высоты которых, как известно, получают на основе полевых геодезических измерений. Чтобы точки фотограммсгущения удовлетворяли требованиям, предъявляемым к опорным точкам при составлении карт и планов, необходимо уже на стадии проектирования АФС выполнить предварительный расчет точности пространственного фототриангулирования. Для маршрутной фототриангуляции формулы предрасчета точности имеют следующий вид:

$$\boldsymbol{\delta l = 0,17\frac{f\cdot H}{b^2\, y}\delta q\cdot n\sqrt{n+3}}$$

$$\boldsymbol{\delta z = 0,11\frac{f^2\cdot H}{b^2\, y}\delta q\cdot n\sqrt{n+3}} \qquad (15)$$

Вышеприведенные формулы характеризуют точность фотограммсгущения в плане (δl) и по высоте (δz). Она зависит от высоты фотографирования (H), фокусного расстояния АФА (f), точности измерений на стереокомпараторе (δq), а также от формата снимков (l) и величины продольного перекрытия (P_x), которые определяют значения максимальной ординаты (y) внутри рабочей плошали стереопары и базис фотографировать ($в$) в масштабе АФС [см. например, формулы (6,7)].

Если задаться величинами δl и δz, которые не должны превышать правые части формул (15), то остается методом подбора определить n, подставляя в них на данный момент уже известные остальные компоненты.

Поскольку точность определения планового положения точек не зависит от высоты сечения рельефа горизонталями и является постоянной величиной в масштабе плана (*0,35 мм*), первую из вышеприведенных формул можно для практического использования представить в следующем виде:

$$n^{\text{пл}} = 17{,}4\cdot\sqrt[3]{\frac{t^2}{m^2}} \qquad (16)$$

Следовательно, плановые опознаки при разреженной привязке снимков следует проектировать через $n^{пл}$ базисов фотографирования. Рассчитанное по этой формуле число округляют до целого значения. Для предыдущего примера:

$$n^{\text{пл}} = 17{,}4\cdot\sqrt[3]{\frac{25000^2}{45000^2}} = 17{,}4\cdot\sqrt[3]{625/2025} = 17{,}4\cdot 0{,}676 = 11{,}8 = 12$$

Подсчитаем теперь плотность высотных опознаков ($n^{в}$), приняв $\delta z = 0{,}2\cdot 2{,}5\ м = 0{,}5\ м$ (см. вышеприведенный пример), $\delta q = 0{,}02\ мм$ (такова точность измерения координат и параллаксов на стереокомпараторе), $b = y = 70\ мм$ (при $P_x = 60\ \%$ и формате снимка *180х180 мм*).

Примем $n^{в}$=0,5 и $n^{пл} = 0{,}5\cdot 12 = 6$ (высотные опознаки должны располагаться чаще, так как превышения по снимкам определяются с меньшей точностью). После подстановки этих данных в правую часть уравнении (15) в его левой части получим 0,61 вместо ожидаемого $\delta z = 0{,}50$. Следовательно, $n^{в}$ должно быть меньше 6. Удовлетворяет уравнению число 4 , т.е. $n^{в} = 4$.

Для сокращения объема полевых геодезических работ высотные опознаки совмещают с плановыми (и они становятся планово-высотными). Поскольку фототриангуляция строится в пределах двух секции, то опознаки проектируют по принципу $n^{пл} = 2\ n^{в}$,т. е. окончательное решение принимают

исходя из расстояния ($n^в$) между высотными опознаками. Для рассматриваемого примера $n^{пл}=2$ $n^в=2\cdot4=8;$ $n^в=4$. При этом планово-высотные опознаки располагают в начале и конце фототриангуляционного ряда, высотные – в середине.

Результаты расчетов вместе с заданными для проектирования данными занести в таблицу 2.

2.5 Аэрофотосъемочные расчеты

После завершения расчетов основных параметров АФС (*H, f, m*) можно, используя данные таблицы 2, приступить к вычислению необходимых для проектирования аэрофотосъемочных маршрутов элементов АФС.

Основными аэрофотосъемочными элементами являются:

– абсолютная высота фотографирования (H_a);

– высота фотографирования над средней плоскостью участка съемки (*H*);

– тип АФА, его фокусное расстояние и формат кадра (*f и l*);

– продольное и поперечное перекрытия снимков (P_x *и* P_y);

– расстояние между смежными точками фотографирования (базис фотографирования B_x);

– расстояние между осями смежных маршрутов (B_y);

– максимальное время экспонирования (выдержка), при котором смаз изображения (точка местности изображается на снимке отрезком) не превышает заданного предела (обычно 10-20 мкм), измеряется в секундах и представляется в виде дроби с числителем, равным единице, причем знаменатель округляют до целых десятков;

– количество маршрутов (*n*) и снимков (*k*) в каждом из них;

- потребное количество пленки (в рулонах, в каждый из которых входит 300 кадров, округляют до их целого числа в сторону увеличения);

- интервал между экспозициями (τ).

Таблица 2

Основные данные для проектирования АФС

Наименование сведений для проектирования АФС	Значения
Протяженность объекта картографирования вдоль оси абсцисс (запад-восток), м	L_x=
Протяженность объекта картографирования вдоль оси ординат (юг-север), м	L_y=
Масштаб картографирования (проект)	1:
Сечение рельефа горизонталями (h_c), м	
Расчетное (предварительное) продольное перекрытие снимков (P'_x), %	
Расчетное (предварительное) поперечное перекрытие снимков (P'_y), %	
Формат прикладной рамки АФА (снимка), мм	180х180
Фокусное расстояние АФА (проект), мм	
Линейная разрешающая способность объектива АФА, мм	
Минимальная выдержка затвора АФА, с	
Допустимый смаз изображения, мм	0,02
Крейсерская скорость самолета (V), м/с	
Высота фотографирования гад средней плоскостью объекта съемки (проект), м	
Масштаб аэрофотосъемки (проект)	1:
Масштаб карты для составления проекта АФС (1:М)	1:
Число базисов фотографирования ($n_{пл}$) между планово-высотными опознаками	
Число базисов фотографирования ($n_в$) между высотными опознаками	
Максимальная высота местности на объекте (A_{max}), м	
Минимальная высота местности на объекте (A_{min}), м	

Вычисление вышеназванных элементов следует выполнить по формулам, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Расчет аэрофотосъемочных работ

Наименование элементов АФС	Значение
Отметка средней плоскости на объекте ($A_{ср} = 1/2 \cdot (A_{max} + A_{min})$), м	
Абсолютная высота фотографирования ($H_a = H + A_{ср}$), м	
Максимальное превышение (h) над средней плоскостью (h=A_{max}-$A_{ср}$), м	
Проектируемое продольное перекрытие ($P_x = P'_x + 50\frac{h}{H}$), %	
Проектируемое поперечное перекрытие ($P_y = P'_y + 50\frac{h}{H}$)	
Базис фотографирования в масштабе АФС (b=*180·(100–*P_x*)/100*),мм	
Базис фотографирования АФС (B_x=b·m/*1000*), м	
Базис фотографирования на схеме проекта (d_x=b·m/M), мм	
Расстояние между осями АФС в масштабе съемки ($b_y = 180(100 - P_y)/100$), мм	
Расстояние между осями АФС на местности ($B_y = b_y \cdot m/1000$), м	
Расстояние между осями АФС на схеме проекта ($d_y = b_y \cdot m/1000$), мм	
Количество снимков (k) в маршруте АФС (L_x/B_x+*3*)	
Число маршрутов (n) АФС (L_y/B_y+*1*)	
Общее количество снимков (N=k·n)	
Максимальная выдержка, при которой смаз изображения на превышает величины 0,02 мм (1/(50000V/m)), с	1/
Интервал между экспозициями (τ=B_x/V), с	
Потребное количество аэрофотопленки (число рулонов)	

2.6 Проектирование аэрофотосъемочных маршрутов

Проектирование АФС ведется на топографической карте в масштабе в 5-10 раз мельче масштаба создаваемого плана. Аэрофотосъемка для целен картографирования обычно производится параллельными маршрутами, прокладываемыми вдоль параллелей, следовательно, на карте они будут располагаться параллельно ее северной и южной рамке.

Первый аэрофотосъемочный маршрут проектируют вблизи северной или южной границы объекта картографирования (например, на 1-5 мм севернее границы объекта). Зеленым цветом проводится линия (ось маршрута) строго параллельно линии координатной сетки топографической карты.

Ось следующего маршрута отстоит от предыдущего на величину B_y на местности и d_y – на карте (таблица 3). Значение d_y тщательно откладывают с использованием линейки с миллиметровыми делениями вдоль западной и восточной границы объекта и через полученные точки проводят линию оси следующего маршрута. Так продолжают до тех пор. пока ось очередного маршрута не выйдет за границу объекта картографирования. Прежде, чем наносить ось этого маршрута на карту, нужно убедиться в его необходимости. Если ось предыдущего маршрута находится не дальше $0{,}3d_y$ от границы объекта, то прокладывать аэросъемочный маршрут за границей объекта нет необходимости: границу обеспечит фотоизображением предыдущий маршрут.

Правильность выполненного проектирования можно проверить так: число маршрутов на карте должно совпадать с их количеством, полученным в таблице 3.

На каждом маршруте, если их меньше 6. а в противном случае только на первом и последнем, показывают центры будущих снимков (также зеленым цветом). Первый снимок проектируют (квадрат *2х2 мм*) за границей объекта на удалении от нее $0{,}5d_x$ (d_x в таблице 3), остальные – через d_x друг от друга (последний – за границей). Контроль: число снимков в проекте должно совпадать с их количеством в таблице 3 (несовпадение не более 2).

2.7 Проектирование планово-высотных и высотных опознаков

Маршрутная фототриангуляция, как было отмечено выше, строится в пределах двух секций, для внешнего ориентирования которых необходимы опорные геодезические точки. Процесс построения маршрутной сети сопровождается погрешностями, сопутствующими, как известно, любым измерениям, в том числе и фотограмметрическим. Последние приводят к деформации фототриангуляционной сети точек как в плане, так и по высоте. Выявляется деформация маршрутной модели по остаточным после внешнего ориентирования расхождениям координат и высот на опорных точках. Поэтому на практике число опорных точек всегда больше, чем их необходимо для внешнего ориентирования фотограмметрической сети. Специальными исследованиями установлено, что для полного выявления и частичного исключения деформации маршрутной модели необходимо на две секции иметь не менее 5-6 опорных точек. Опознаки проектируют напротив центров снимков, чтобы они были изображены как можно на большем числе снимков, и в зонах поперечного перекрытия маршрутов для уменьшения их числа. В последнем случае они будут обеспечивать опорными точками смежные маршруты аэрофотосъемки. На рисунке 1 показана стандартная схема расположения планово-высотных и высотных опознаков на фрагменте аэрофотосъемочного маршрута.

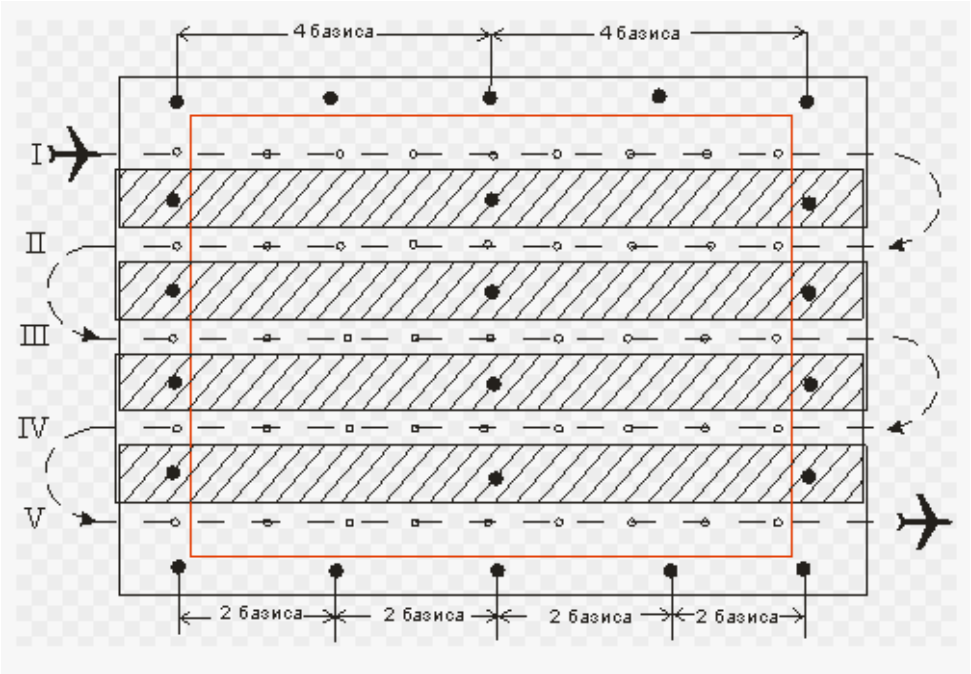


Рисунок 1 – Оптимальное расположение опознаков в пределах двух секций:
□ – центры снимков;
– планово-высотные опознаки;
○ – высотные опознаки;
– зона поперечного перекрытия маршрутов.

Таким образом, опознаки проектируют рядами поперек маршрутов. При этом первый и последний ряды опознаков должны быть обязательно планово-высотными и располагаться за границами объекта картографирования (напротив самого первого п самого последнего центров снимков маршрута). Чтобы выполнить это условие, сначала весь маршрут делят на секции (длиной $n_в$). Если число базисов в маршруте не кратно $n_{пл}$, то поступают следующим образом. Намечают сперва двойные секции, начиная от западной границы объекта, насколько это возможно. Затем оценивают оставшуюся пока без опознаков часть маршрута. Если до границы объекта осталось больше одной секции, то для всех оставшихся снимков проектируют две секции меньшей протяженности, размещая в середине высотные опознаки. При нечетном числе базисов высотные опознаки проектируют ближе к восточной границе, перенося их от середины оставшейся части маршрута вправо до ближайшего центра снимка. Поэтому влево от ряда высотных опознаков до планово-высотных будет на один базис больше, чем до последнего ряда планово-высотных опознаков.

Если же оставшаяся часть маршрута включает в себя не более одной секции снимков, то между ними высотные опознаки не проектируют.

Наконец, если оставшаяся часть маршрута имеет всего 1-2 базиса, то ближайший левый ряд планово-высотных опознаков сдвигается на запад до образования одной полной секции (справа) с последующим сдвигом влево и ряда высотных опознаков. расположенных западнее переносимого ряда.

В случае разреженной высотной подготовки снимков предъявляются особые требования к плотности обеспечения высотными опознаками крайних на объекте маршрутов. К ним относятся следующие:

– при высотах сечения рельефа *0,5* и *1,0 м* проводится полная высотная подготовка аэрофотоснимков крайних маршрутов;

– при высоте сечения рельефа *2,0* и *2,5 м* прокладывается высотный ход по наружному краю маршрута с обеспечением каждой стереопары двумя высотными опознаками;

– при высоте сечения *5,0 м* высотные опознаки определяются с интервалом 2-3 базиса фотографирования.

При сплошной высотной привязке снимков высотные опознаки располагаются в углах каждой стереопары в зонах поперечного перекрытия аэроснимков. Кроме того, для контроля определяется на каждой стереопаре пятая высотная точка (рисунок 2).

Высотные опознаки следует по возможности совмещать с замаркированными точками. Опознаки. не совмещенные с замаркированными точками, выбираются на надежно опознаваемых контурах. Ошибки в опознавании точки на местности и отождествление ее на аэроснимке не должны приводить к ошибке в отметке точки более 1/10 высоты сечения рельефа горизонталями. Запрещается выбирать в качестве высотных опознаков точки, расположенные на крутых склонах

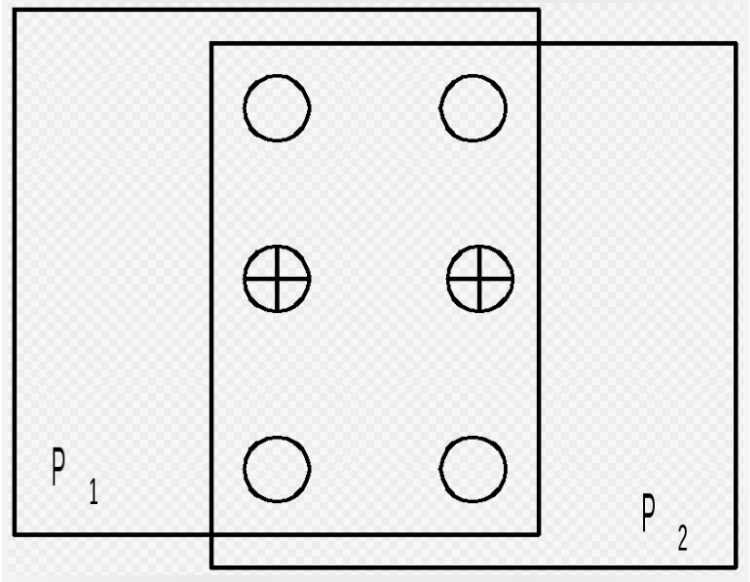


Рисунок 2 – Расположение высотных опознаков на стереопаре:
○ – высотный опознак;
□ – главная точка снимка.

2.8 Проектирование геодезических работ для планово-высотной привязке снимков

Координаты и высоты опознаков определяют путем развития съемочных сетей. Способ определения плановых координат выбирается в зависимо-

сти от характера местности Я плотности пунктов геодезической сети. В открытой местности с хорошим обзором обычно проектируют прямые, обратные или комбинированные засечки. В других условиях используют теодолитные или полигонометрические ходы, а при надшит электронных тахеометров можно применять лучевой (полярный) метод. Если привязку снимков выполняют теодолитными ходами, то максимальную длину каждого из них рассчитывают по формуле:

$$L \leq 0{,}8t \qquad (17)$$

где L - допустимая длина теодолитного хода, м;

t - знаменатель численного масштаба создаваемого плана.

Если на отдельных участках объекта съемки плотность геодезической сети не позволяет проектировать теодолитные ходы рассчитанной по формуле (17), то допускается проложение полигонометрических ходов с использованием оптико-электронных средств измерений. Тогдп длину хода можно увеличить в 5-6 раз.

Высоты опознаков определяют техническим нивелированием при съемке с высотой сечения *0,5; 1,0* и *2,0 м* пли тригонометрическим нивелированием при съемке с высотами сечения рельефа 2,5 и 5.0 м.

На схеме проекта с помощью принятых условных обозначении показывают:

а) границы объекта съемки (черный цвет);

б) номенклатурную разграфку планов (синий цвет);

в) пункты геодезического планового и высотного обоснования, включая необходимые пункты за границей объекта (черный цвет);

г) направления осей проектируемых маршрутов аэрофотосъемки (зеленый цвет);

д) предусмотренные проектом опознаки (красный цвет);

е) линии полигонометрических теодолитных и нивелирных ходов (красный цвет);

ж) линии различных видов засечек (красный цвет) согласно рисунку 3.

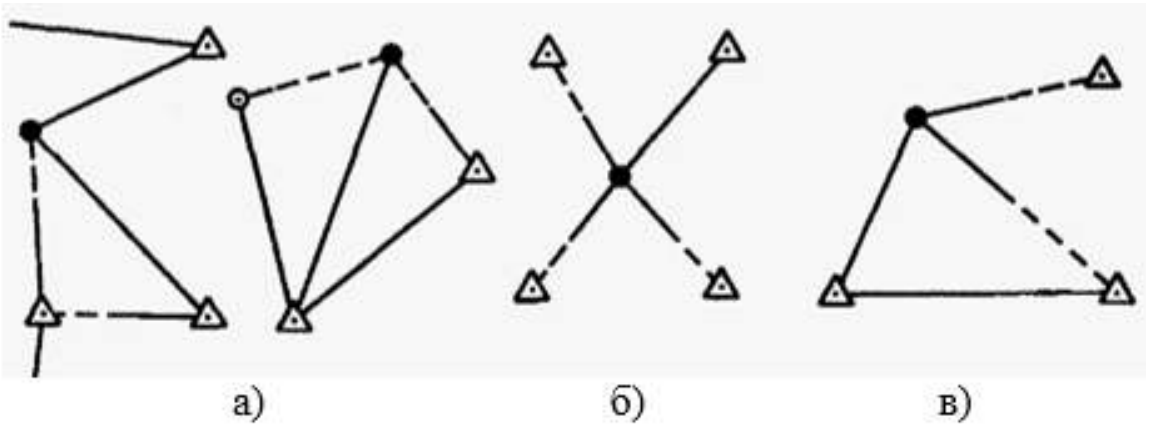


Рисунок 3 – Типовые схемы засечек:

а - прямая засечка; б - обратная засечка; в - комбинированная засечка.

3 СОСТАВЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

В пояснительной записке необходимо отразить следующие основные вопросы:

1) технологическая схема стереотопографического метода топографической съемки;

2) исходные данные для проектирования;

3) обоснование подхода к выбору АФА, его фокусного расстояния, высоты фотографирования и масштаба аэрофотосъемки;

4) расчет плотности планово-высотной привязки снимков;

5) методика и формулы аэрофотосъемочных расчетов;

6) порядок проектирования аэросъемочных маршрутов;

7) требования к геодезическим работам по привязке аэрофотоснимков;

8) заключение.

Пояснительная записка должна быть выполнена технически грамотно и нее содержать пунктуационных и орфографических ошибок. Следует стремиться и к тому, чтобы избегать частых повторений (тавтологии) одних и тех же слов как в одном, так п близлежащих предложениях. Категорически запрещены в курсовой работе сокращения слов, кроме общепринятых, например: и т.д.. т.к. Но в фотограмметрической терминологии в отдельных случаях допускаются сокращенные обозначения, однако они должны быть специально оговорены. Одним из приемов введения сокращенного обозначения является указание его вслед за полным названием. Например: «Элементы взаимною ориентирования (ЭВО) определяются по измеренным поперечным параллаксам». Только после этого в последующем тексте можно употреблять сокращенное обозначение -ЭВО.

Некоторую трудность вызывает согласование текстовой части с математическими выражениями или формулами при изложении теоретических выводов. Математические выражения в тексте чаше всего выступают в роли второстепенных членов предложения (однородных пли неоднородных), поэтому перед ними никаких знаков препинания ставить не нужно. Однако существуют смысловые обороты, после которых перед формулами ставится двоеточие. Обычно при этом присутствует обобщающее определение. Например: «...для решения прямой фотограмметрической засечки используются следующие формулы:

$$X = \frac{B}{p} x_1$$

$$Y = \frac{B}{p} y_1$$

$$Z = -\frac{B}{p} f$$

Наиболее употребительными оборотами, связывающими текст с формулами, являются следующие: «получим», «будем иметь», «примут вид» (после них, как правило, не ставят никаких знаков препинания); или: «можно записать», «представить в следующем виде», «представить так» (после них чаше всего ставят двоеточие). Следует отнести к числу неудачных обороты «будет равен» или «будут равны».

За последней формулой в зависимости от конструкции предложения может стоять точка, запятая, точка с запятой или не стоять никакого знака, если предложение продолжается.

В строках, где записаны формулы, не должно быть текста (ни слева, ни справа от них), даже в тех случаях, когда математические выражения и не имеют номера.

Некоторые особенности изложения имеют математические преобразования выражении (формул). Не допускается в курсовой работе подчеркивание подобных, зачеркивание взанмоуничтожающихся или равных нулю членов, сокращение отдельных элементов путем их вычеркивания в числителе и знаменателе формулы. После очередного преобразования, за которым поставлен знак препинания, новое должно начинаться с пояснения существа последующих действий. В некоторых случаях последующие преобразования с предыдущими могут согласовываться только с помощью знака равенства, а тогда союза «или».

Следует помнить, что предложение не может начинаться с математического выражения пли формулы. Не допускается также пояснение или указание последующего действия нал формулами с помощью побочных символов или условных обозначений Например, при выводе формул связи угловых элементов взаимного ориентирования с измеренными поперечными параллаксами нельзя вместо выражения «...сложим уравнения для точек 3 и 5 и вычтем удвоенное для точки I;...» употреблять символическую запись вида (3) + (5)-2(I) или ей подобную.

При выводе формул часто приходится разъяснять смысл пли значение входящих в них символов. В технической литературе принят следующий порядок раскрытия символов: во-первых, они должны следовать в тон последовательности, в какой встречаются при чтении формулы, причем обозначения числителя раскрываются раньше, чем знаменателя; во-вторых, каждый из них записывается с новой строки и отделяется от предыдущего знаком препинания.

Особую роль в пояснительной записке играют рисунки и таблицы. Последние должны иметь номера и дополнять текст курсовой работы, для чего нужно делать ссылки на них при изложении соответствующего материала. Номера рисунков (как и формул) не должны повторяться в рамках всей курсовой работы.

Литература

1. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Курс лекций: учебное пособие / А.А. Калинин, А.М. Бондаренко, Б.Н. Строгий, М.Н. Семенцов, И.А. Казачков, Ж.В. Матвейкина, Т.Ф. Самойлова; под. ред. А.А. Калинина. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. – 98 с.

2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровыхтопографических карт и планов/ Федеральная служба геодезии и картографии России. – М., ЦНИИГАиК, 2002.

3. Инструкция по дешифрированию аэроснимков и фотопланов в масштабах 1:10000 и 1:25000 для целей землеустройства, государственного учета земель земельного кадастра. – М.: ВИСХАГИ, 1978.

4. Книжников, Ю.Ф. Аэрокосмические методы в географических исследованиях / Ю.Ф. Книжников,В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина– М.: Издательский центр «Академия», 2004.

5. Основные положения по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. – М.: Недра, 1978.

6. Практикум по фотограмметрии и дешифрированию снимков / А.И. Обиралов, Я.И. Гебгарт, Н.Д. Ильинский и др. – М. Недра, 1990.

7. Обиралов, А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. – М.: КолосС, 2006.

8. Калинин, А.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Топографическое дешифрирование снимков: учебно-практическое пособие / А.А. Калинин, Ж.В. Матвейкина, М.Н. Семенцов / под ред. А.А. Калинина. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2021. – 61 с.

Приложения

Приложение 1

Характеристика некоторых типов топографических аэрофотоаппартов

Показатель	АФА-ТЭ	АФА-41	АФА-ТЭС-5М	АФА-ТЭС-7	АФА-ТЭС-10	LMK-30	LMK-15	RC-30
Фокусное расстояние, мм	70, 100, 140, 200, 500	100, 200	50	70	100	305	152	Сменные объективы 88, 153, 303
Дисторсия, мкм	0,03…0,01	0,025…0,04	0,01	0,01	0,01	0,002	0,003	0,002
Разрешающая способность, лин/мм в центре на краю	25…40 12…25	45…60 12…20	55 16	70 25	90 30	65 65	70 70	110 110
Относительное отверстие	1:9…1:7	1:8…1:6	1:9	1:6, 1:8	1:6, 1:8	–	–	–
Способ выравнивания	Вакуум	Прижим к стеклу						
Формат снимка, см	18×18	18×18	18×18	18×18	18×18	23×23	23×23	23×23

Приложение 2

Характеристики основных воздушных носителей

Показатель	Тип самолета			Вертолет
	Ан-2	Ан-30	Ту-134	Ка-26
Диапазон скоростей, км/ч	140…250	240…490	300…900	0…160
Практический потолок, м	4500	8900	11800	3100
Взлетная дистанция, м	690	1240	2180	–
Продолжительность полета, ч	7	6	5	3,5
Эксплуатационная скорость, км/ч	180…210	450…475	600…880	140
Дальность полета, км	1200	2300	2900	400

Калинин Александр Александрович
канд. техн. наук, доцент

Матвейкина Жанна Владимировна
канд. техн. наук, доцент

Пономаренко Наталья Васильевна
канд. техн. наук, доцент

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

Методические указания
по выполнению курсовой работы

На титульный лист

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал
ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, Зерноград, Ростовской области, ул. Советская, 15.