



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Высшая геодезия и фотограмметрия»

Методические указания
для выполнения курсового проекта
на тему «Составление проекта задания
на аэрофотосъемку» по дисциплине
**«Дистанционное зондирование
и фотограмметрия»**

для обучающихся по направлению подготовки
21.03.03 «Геодезия и дистанционное
зондирование», профиль «Геодезия»

Автор
Самсонова Н.В.,

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания к выполнению курсового проекта на тему: «Составление проекта задания на аэрофотосъёмку» предназначены для обучающихся по направлению подготовки 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование», профиль «Геодезия».

Изложены подробные пояснения, варианты заданий и рекомендации по выполнению курсовой работы.

Автор



к.э.н., зав. кафедрой «ВГиФ» Самсонова Н.В.

Оглавление

Введение.....	4
Краткие сведения и порядок выполнения работы	5
Определение съёмочного участка	7
Выбор масштаба аэрофотосъёмки	8
Выбор высоты фотографирования.....	8
Выбор продольного и поперечного перекрытий	10
Определение рабочей площади аэрофотоснимка	11
Определение общего числа аэрофотоснимков	12
Расчёт максимальной выдержки	12
Расчёт интервала между экспозициями	13
Определение общего времени производства аэрофотосъёмочных работ.....	13
Построение схемы маршрутов и выбор ориентиров.....	14
Литература	16
Приложение 1 Бланк технического проекта	17
Приложение 2 Технические характеристики аэрофотоаппаратов.....	18
Приложение 3 Воздушные суда, используемые при аэрофотосъёмке и их лётно-технические характеристики	19
Приложение 4 Каталог координат и высот плановых и высотных опознаков	19

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены в соответствии с программой курса «Дистанционное зондирование и фотограмметрия» для обучающихся по направлению подготовки 120100.62 «Геодезия и дистанционное зондирование», утверждены кафедрой высшей геодезии и фотограмметрии.

Содержат задания и указания для выполнения курсовой работы.

Разработаны с учётом возросших требований к качеству подготовки бакалавров.

Выполнение заданий основано на использовании знаний по геодезии, физике, высшей математике, геометрии и др.

При выполнении работ следует пользоваться материалами, приведёнными в приложениях, а также дополнительной литературой.

Цель методических указаний – ознакомить студентов с оборудованием, применяемом в процессе аэрокосмических съёмок, а также правилами составления проекта задания на аэрофотосъёмку.

Цель курсовой работы: изучить основные сведения об аэрофотосъёмке, составить технический проект для производства аэрофотосъёмки.

Исходные данные:

1. Лист топографической карты масштаба 1:100000.
2. Координаты углов границ объекта аэрофотосъёмки.
3. Масштаб составляемой карты 1: M .
4. Точность определения координат по карте 0.2 мм.
5. Точность измерения координат по аэроснимкам 50 мкм.
6. Формат аэрофотоснимка 18×18 см.
7. Показатели ветра: азимут, скорость.

Содержание работы:

1. Определить на полётной карте границы съёмочного участка, выделить их линиями чёрного цвета.
2. Выполнить разграфку карты на трапеции масштаба 1:10000.
3. Составить картограмму высот для каждой съёмочной трапеции (табл. 1).
4. Выполнить расчёт основных параметров аэрофотосъёмки.
5. Составить бланк технического проекта (прил. 1).
6. Нанести на схему зелёным цветом оси аэросъёмочных маршрутов, а также центры фотографирования каждого аэрофотоснимка.
7. Выделить кружками красного цвета полётные ориентиры и составить их каталог координат и высот (прил. 4).

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Аэрофотосъёмкой называют совокупность работ для получения аэроснимков местности. Она состоит из лётно-съёмочных, полевых фотолабораторных и полевых фотограмметрических работ.

Аэрофотоснимок – двумерное изображение реальных объектов, полученное при дистанционной съёмке путём регистрации собственного или отражённого излучения и предназначенное для определения качественных и количественных характеристик изобразившихся объектов, явлений и процессов путём дешифрирования и измерений.

Аэрофотосъёмка выполняется с самолётов (для съёмки в мелких и средних масштабах) и вертолётов (для съёмки в крупных масштабах), на борту которых размещаются аэрофотосъёмочное оборудование и навигационные приборы. После лётно-съёмочных работ в результате фотолабораторной обработки получают аэронегативы (аэрофильмы), с которых контактной или проекционной фотопечатью делают аэрофотоснимки.

Аэрофотосъёмка классифицируется по:

- 1) количеству и расположению аэрофотоснимков:
 - а) одинарная;
 - б) маршрутная;
 - в) многомаршрутная (съёмка площадей);
- 2) по положению оптической оси:
 - а) перспективная (угол наклона оси устанавливается на заданное значение);
 - б) плановая (угол наклона оси до 3°);
 - в) гиростабилизированная (угол наклона оси не превышает 10°);
- 3) по цветоизображению:
 - а) чёрно-белая;
 - б) цветная;
 - в) спектральная;
- 4) по масштабу фотографирования:
 - а) крупномасштабная (1:2000 – 1:10000);
 - б) среднемасштабная (1:10000 – 1:35000);
 - в) мелкомасштабная (мельче 1:35000);

Аэрофотоаппараты (АФА) (рис. 1) предназначены для фотографирования земной поверхности с летательного аппарата (носителя). Они подразделяются на топографические и специальные.

В комплект АФА входят: фотокамера, кассета, аэрофотоустановка и командный прибор.

Объектив фотокамеры строит изображение местности, затвор внутри объектива служит для его открытия на какой-то промежуток времени (выдержку) и воздействия световыми лучами на фотоматериал (экспонирования).

Длина перпендикуляра от задней узловой точки объектива до плоскости прикладной рамки фотокамеры называется *фокусным расстоянием* АФА и является *элементом внутреннего ориентирования снимка*. По величине фокусного расстояния АФА

делятся на короткофокусные (50 – 150 мм), среднефокусные (150 – 300 мм), длиннофокусные (свыше 300 мм).

Масштаб изображения выражается формулой

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H'} \quad (1)$$

где f – фокусное расстояние АФА; m – знаменатель масштаба аэрофотоснимка; H' – высота фотографирования.

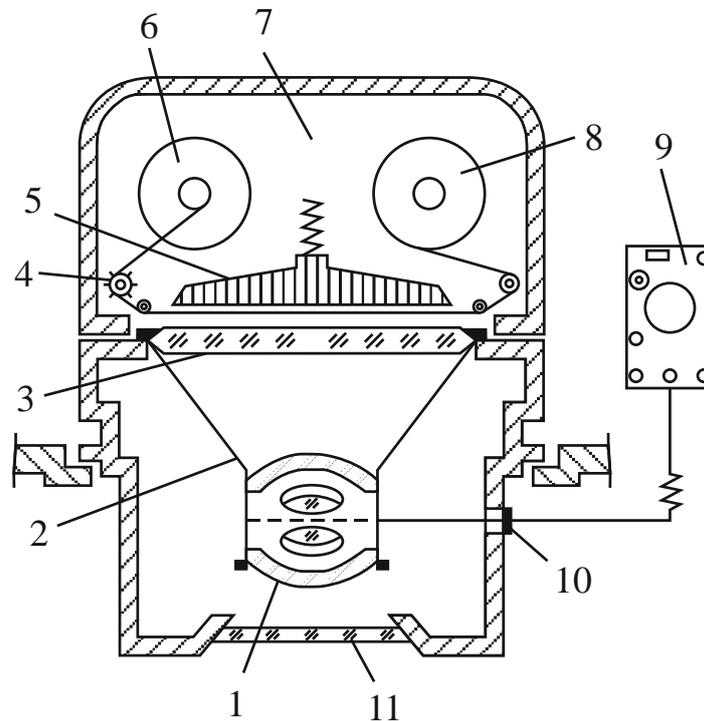


Рис. 1. Схема аэрофотоаппарата АФА-ТЭС:

1 – объектив; 2 – фотокамера с прикладной рамкой; 3 – выравнивающее стекло; 4 – мерный валик; 5 – прижимной стол; 6 – принимающая катушка (бобина); 7 – кассетная часть; 8 – подающая катушка; 9 – командный прибор; 10 – центральный затвор; 11 – светофильтр

Объектив характеризуется фокусным расстоянием f , углом изображения или поля зрения 2β , разрешающей способностью R , относительным отверстием и фотограмметрической дисторсией (искажение геометрической формы).

Поле зрения объектива – основание конуса световых лучей, строящих изображение бесконечно удалённого объекта. Часть поля зрения, удовлетворяющего предъявленному требованию по качеству изображения, называют *полем изображения* и используют для построения изображений на снимке.

Аэрофотоаппараты классифицируют по следующим основным признакам:

- 1) по степени автоматизации работы АФА:
 - a) автоматы;
 - b) полуавтоматы;
 - c) неавтоматы;
- 2) по количеству объективов:
 - a) однообъективные;
 - b) многообъективные;
- 3) по формату кадра:
 - a) отечественные – 18×18 см и 30×30 см;
 - b) зарубежные – 18×18 см и 23×23 см;
- 4) по углу поля изображения и фокусному расстоянию:
 - a) узкоугольные ($2\beta < 50^\circ$) или длиннофокусные;
 - b) нормальноугольные ($50^\circ < 2\beta < 80^\circ$) или нормальнофокусные;
 - c) широкоугольные ($80^\circ < 2\beta < 110^\circ$) или короткофокусные;
 - d) сверхширокоугольные ($2\beta > 110^\circ$) или сверхкороткофокусные.

Аэрофотоаппарат на борту крепится с помощью аэрофотоустановки с амортизационным устройством, а подсоединённый к АФА командный прибор обеспечивает автоматическую работу фотокамеры.

Кроме того, для обеспечения аэрофотосъёмки и её последующей обработки всеми необходимыми сведениями, на борту летательного аппарата устанавливается ряд вспомогательного оборудования.

Радиовысотомер служит для измерения в момент съёмки истинных высот фотографирования. Статоскоп по барометрическому принципу регистрирует разности высот полёт при фотографировании местности. Радиогодезические приборы в заданный момент времени измеряют расстояние до наземной станции с известными координатами, что позволяет определить координаты центра фотографирования.

Лётно-съёмочным работам предшествует расчёт параметров аэрофотосъёмки, к числу которых относят площадь участка, аэрофотоаппарат с подходящим фокусным расстоянием, высоту фотографирования, масштаб снимков, расстояния между центрами фотографирования (базис) и смежными маршрутами, интервал между экспозициями и др.

Определение съёмочного участка

На первом этапе определяются границы съёмочного участка. Для этого по заданным координатам углов съёмочного участка границы объекта наносят на полётную карту.

Одновременно по исходной топографической карте определяют максимальную (A_{max}), минимальную (A_{min}) отметки точек на участке работ и составляют картограмму высот (табл. 1).

Таблица 1

Картограмма высот съёмочных трапеций (пример)

номенклатура трапеции	номенклатура трапеции	номенклатура трапеции	номенклатура трапеции
$A_{min} = 110$	$A_{min} = 108$	$A_{min} = 130$	$A_{min} = 140$
$A_{cp} = 163$	$A_{cp} = 162$	$A_{cp} = 204$	$A_{cp} = 216$
$A_{max} = 216$	$A_{max} = 214$	$A_{max} = 277$	$A_{max} = 293$

Кроме того, по известному географическому положению, а также другим характеристикам местности составляют краткое физико-географическое, климатическое, административное, хозяйственное описание участка съёмки, а также обеспеченность объекта пунктами государственной геодезической сети.

Выбор масштаба аэрофотосъёмки

Условием выбора масштаба аэросъёмки выступает правило: масштаб аэросъёмки должен быть мельче масштаба карты или плана, который требуется получить.

Для того чтобы определить масштаб аэрофотосъёмки, рассчитывается коэффициент увеличения:

$$K_{ув} = \frac{m_K}{m_{сн}}, \quad (2)$$

где m_K – среднеквадратичная погрешность определения координат точек на будущей карте, мм; $m_{сн}$ – среднеквадратичная погрешность измерения координат по снимкам, мм.

Чтобы не выйти за пределы возможности оборудования и программного обеспечения при обработке аэроснимков, коэффициент увеличения берётся на 10 – 20% меньше.

Выбор высоты фотографирования

Высотой фотографирования называют расстояние по отвесной линии от центра проекции до уровенной поверхности, проходящей через точку местности. В зависимости от положения уровенной поверхности, относительно которой определяют высоты фотографирования, их подразделяют:

- *абсолютные $H_{абс}$* , определяемые относительно основной уровенной поверхности;
- *относительные H_o* , определяемые относительно уровня аэродрома;
- *средние H_{cp}* , определяемые относительно средней уровенной поверхности участка съёмки;
- *истинные H_i* , определяемые относительно уровенной поверхности, проходящей через данную точку поверхности i .

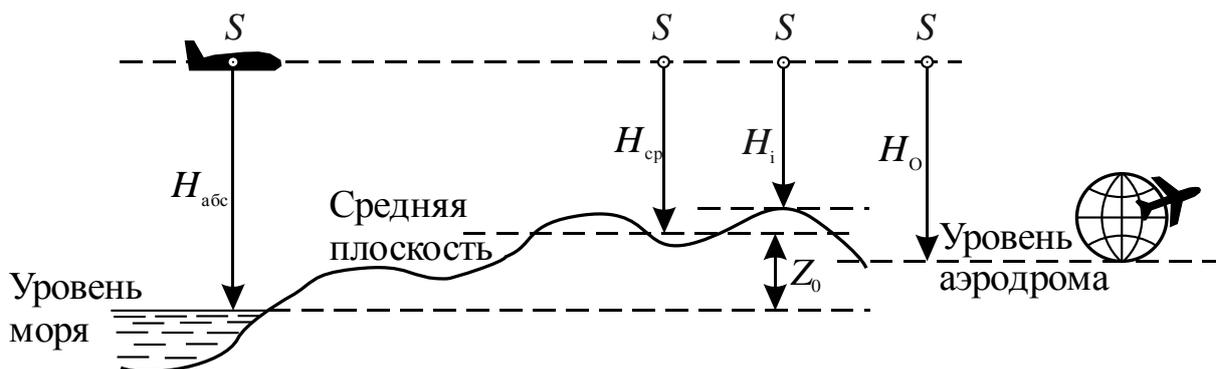


Рис. 2. Высоты фотографирования

Высота фотографирования влияет на точность определения превышений по аэроснимкам. Для того, чтобы провести горизонтали с заданной высотой сечения, необходимо, чтобы погрешность определения превышений m_h не превышала:

- для равнины: $m_h \leq 1/5 \cdot h_{сеч}$;
- для горной территории: $m_h \leq 1/3 \cdot h_{сеч}$.

Средняя высота фотографирования определяется по формуле

$$H_{ср} = \frac{b_x \cdot m_h}{m_{сн}}, \quad (3)$$

где b_x – базис фотографирования; m_h – погрешность определения превышений; $m_{сн}$ – точность измерения координат по снимку.

Базис фотографирования находится по формуле

$$b_x = l_{сн} \frac{100 - P_x}{100}, \quad (4)$$

где $l_{сн}$ – формат аэрофотоснимка, см; P_x – продольное перекрытие смежных аэрофотоснимков, %.

Для предварительных вычислений принимают заданную величину продольного перекрытия (табл. 2).

Таблица 2

Заданное продольное перекрытие

Тип рельефа местности	Заданное P_x , %
Равнинный	60
Всхолмлѐнный	80
Горный	90

Кроме того, определяют высоту полѐта над уровнем моря (абсолютную высоту фотографирования):

$$H_{abc} = H_{cp} + A_{cp} \quad (5)$$

и высоту полета над аэродромом:

$$H_o = H_{abc} + A_A, \quad (6)$$

где A_A – отметка аэродрома.

После того, как определена высота фотографирования, необходимо рассчитать фокусное расстояние фотоаппарата по формуле

$$f = \frac{H_{cp}}{m_n}, \quad (7)$$

где m_n – предварительное значение знаменателя масштаба аэрофотосъемки.

Принимается ближайшее значение со стороны большего из стандартного фокусного ряда (прил. 2).

После выбора подходящего АФА определяется масштаб аэрофотосъемки с учётом высоты фотографирования и фокусного расстояния съёмочной камеры:

$$m = \frac{H_{cp}}{f}. \quad (8)$$

Необходимо выполнить сверку условия по коэффициентам увеличения:

$$\frac{m}{M_K} \leq K_{yB}, \quad (9)$$

где M_K – знаменатель масштаба составляемой карты.

Таким образом, перед составлением задания на аэрофотосъёмочные работы окончательно выбирается:

- аэрофотоаппарат с фокусным расстоянием f мм;
- средняя высота фотографирования H_{cp} , м;
- абсолютная высота фотографирования H_{abc} , м;
- окончательный масштаб аэрофотосъемки $1/m$.

Выбор продольного и поперечного перекрытий

Плановую аэрофотосъемку больших участков местности производят в виде ряда маршрутов, в которых аэроснимки располагаются обычно вдоль параллелей с таким расчетом, чтобы на каждом последующем аэроснимке изобразилась часть местности, сфотографированная на предыдущем аэроснимке. Таким образом, смежные аэроснимки одного маршрута образуют *перекрытие*, называемое *продольным*, а смежные маршруты аналогично образуют перекрытие, называемое *поперечным*.

Продольное (P_x) и поперечное (P_y) перекрытия зависят от масштаба съёмки и от рельефа местности и вычисляются по формулам

$$P_x = p_x + k_x \frac{h}{H_{cp}}, \quad (10)$$

$$P_y = p_y + k_y \frac{h}{H_{cp}}, \quad (11)$$

Где p_x, k_x, p_y, k_y – коэффициенты, отображающие зависимость перекрытий от масштаба аэросъёмки, % (табл. 3); h – наибольшее превышение над средней плоскостью на участке аэросъёмки, м; H_{cp} – средняя высота фотографирования, м.

Таблица 3

Зависимость коэффициентов от масштаба аэрофотосъёмки

Масштаб	p_x , %	k_x , %	p_y , %	k_y , %
мельче 1:25000	62	40	32	38
1:10000 - 1:25000	63	40	34	38
1:10000 - 1: 4000	64	50	35	50
от 1:4000 и крупнее	65	50	36	50

Определение рабочей площади аэрофотоснимка

Базис фотографирования B_x (расстояние между центрами фотографирования) и расстояние между смежными маршрутами B_y зависят от размера кадра фотокамеры l , величин продольного P_x , поперечного P_y перекрытий и знаменателя масштаба аэрофотосъёмки m :

$$B_x = l \left(1 - \frac{P_x}{100} \right) m, \quad B_y = l \left(1 - \frac{P_y}{100} \right) m. \quad (12)$$

Обычно из всей площади снимка используют его центральную часть – *рабочую площадь*, ограниченную линиями, проходящими через середины перекрывающихся частей снимков. Рабочая площадь является прямоугольником со сторонами b_x и b_y :

$$b_x = \frac{l(100 - P_x)}{100}, \quad b_y = \frac{l(100 - P_y)}{100}. \quad (13)$$

Рабочая площадь снимка вычисляется по формуле

$$q = b_x \cdot b_y, \quad (14)$$

а соответствующая рабочей площади снимка площадь на местности:

$$Q = b_x \cdot b_y \cdot m^2 = B_x \cdot B_y. \quad (15)$$

Также вычисляется общая площадь участка аэрофотосъёмки:

$$S = L_x \cdot L_y, \quad (16)$$

где L_x – максимальный поперечный размер съёмочного участка, км; L_y – максимальный продольный размер съёмочного участка, км.

Определение общего числа аэрофотоснимков

Количество снимков в одном маршруте (n_M) и количество маршрутов (N_M) рассчитываются по формулам

$$n_M = \frac{L_y}{B_x} + 3, \quad N_M = \frac{L_x}{B_y} + 1, \quad (16)$$

при этом размер съёмочного участка определяется путём измерения на полётной карте и контролируется по формулам

$$\left. \begin{aligned} L_x &= X_c - X_{ю} \\ L_y &= Y_з - Y_в \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

При вычислении количества снимков и маршрутов пользуются правилом округления до большего целого числа.

Общее количество снимков за все маршруты находится по формуле:

$$K = n_M \cdot N_M. \quad (18)$$

Расчёт максимальной выдержки

Исходя из того, что вследствие движения самолёта в момент фотографирования происходит смаз изображения δ , величина которого в зависимости от назначения аэрофотосъёмки не должна превышать 0.02 – 0.05 мм. Для расчёта максимальной выдержки, необходимо определиться с летательным аппаратом, который будет производить аэрофотосъёмку. Технические и рабочие характеристики летательных аппаратов приведены в прил. 3.

При допустимых значениях $\delta_{\text{доп}}$ величина *максимальной выдержки* определяется по формуле

$$\tau_{\text{max}} = \frac{\delta_{\text{доп}} H_{\text{ср}}}{Wf}, \quad (19)$$

где W – крейсерская скорость летательного аппарата, км/ч.

На скорость воздушного судна значительное влияние оказывает ветер. Для того, чтобы учесть влияние ветра, необходимо знать направление ветра, его скорость, скорость движения летательного аппарата.

Направление движения летательного аппарата по маршруту берётся «туда» (с востока на запад) и «обратно» (с запада на восток), поэтому необходимо рассчитать путевую скорость с учётом скорости и азимута направления ветра.

Путевая скорость рассчитывается по теореме косинусов:

$$W_{\Sigma} = \sqrt{W_{\text{ла}}^2 + v_{\text{в}}^2 - 2W_{\text{ла}} \cdot v_{\text{в}} \cdot \cos\beta}, \quad (20)$$

где $W_{\text{ла}}$ – крейсерская скорость летательного аппарата, м/с; $v_{\text{в}}$ – скорость ветра, м/с; β – азимут направления ветра, °.

Расчёт интервала между экспозициями

Определение интервалов фотографирования выполняют после подбора курса следования уже в полёте. Ориентировочно интервал T можно определить в секундах по формуле

$$T = \frac{B}{W}, \quad (21)$$

где W – путевая скорость самолета в м/с; B – воздушный базис фотографирования в м.

Определение общего времени производства аэрофотосъёмочных работ

Общее время аэросъёмки определяется как сумма времени аэрофотосъёмки и вспомогательного времени, которое состоит из времени полёта «туда», «обратно» и времени, необходимого на развороты:

$$t_{\text{общ}} = t_{\text{т.и.о.}} + t_{\text{ф}} + t_{\text{разв.}} \quad (22)$$

Время «туда и обратно» зависит от расстояния до аэродрома и непосредственно скорости летательного аппарата:

$$t_{\text{т.и.о.}} = \frac{2S_A}{W}. \quad (23)$$

Расстояние до аэродрома берётся как расстояние от населённого пункта, где располагается аэродром, до центра съёмочного участка.

Время непосредственно аэрофотосъёмки зависит от длины маршрута, количества маршрутов и путевой скорости воздушного судна:

$$t_{\text{ф}} = \frac{N \cdot L_M}{W}. \quad (24)$$

Длина маршрута рассчитывается по формуле

$$L_M = L_Y + 2B_X. \quad (25)$$

Время, необходимое на развороты, зависит от количества маршрутов, длины

разворота и скорости летательного аппарата:

$$t_{\text{разв}} = \frac{N \cdot L_p}{W}. \quad (26)$$

Длина разворота представлена нам в исходных данных летательного аппарата.

Средняя продолжительность съёмочного дня принимается равной: 3 ч – в равнинных районах южнее 58° северной широты; 2,5 ч – в равнинных районах севернее 58° северной широты; в горных районах с высотами до 3000 м – 2 ч, свыше 3000 м – 1,5 ч.

Время аэросъёмки выбирается в зависимости от рельефа снимаемого участка таким образом, чтобы максимально снизить влияние солнца. Наилучшими считаются в солнечный день: утро и вечер; в пасмурный – сплошная облачность с равномерным освещением.

Кроме того, к аэросъёмочным расчётам относят определение числа погонных метров аэроплёнки, необходимых для обеспечения всего съёмочного участка снимками. На каждую катушку аэроплёнки предусматривается 4 м технологических отходов. Длина аэроплёнки определяется по формуле

$$l_{\text{ап}} = 0.19 \cdot n_m, \quad (27)$$

где 0.19 – размер кадра с учётом межкадрового промежутка, выраженный в метрах.

Зная длину катушки аэроплёнки, можно определить необходимое число катушек на участок съёмки

$$n_k = \frac{l_{\text{ап}}}{l_k - 4}, \quad (28)$$

где l_k выражена в метрах. Обычно используются катушки аэроплёнки длиной 60 или 120 метров.

Построение схемы маршрутов и выбор ориентиров

По завершении расчётов готовят полётную карту, масштаб которой в 5-10 раз мельче масштаба создаваемого плана.

Расстояние между осями маршрутов на карте определяется по формуле

$$D_y = \frac{B_y}{M_K}, \quad (29)$$

где M_K – знаменатель масштаба полётной карты.

При выполнении аэросъёмки с запада на восток и с востока на запад первый аэросъёмочный маршрут прокладывают по северной границе съёмочного участка, последний – по южной, а оси маршрутов продолжают за границы участка на полтора-

два базиса.

На кальку-схему переносится граница участка. Сначала выбираются наземные ориентиры перед началом и концом маршрутов. Это хорошо опознаваемые объекты, такие как контуры растительности покрова, автомобильные и железные дороги, реки. Все маршруты необходимо поделить на зоны: от западной границы начала маршрутов откладывается величина в 5-6 базисов фотографирования в масштабе карты – намечается граница зоны; далее с таким же шагом размечаются остальные зоны.

В каждой рабочей зоне выбираются по 4 хорошо опознаваемых точки для дальнейшей обработки снимков.

Эти точки необходимо заложить, замаркировать, определить их координаты и занести все сведения в каталог опознаков (прил. 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные положения по аэрофотосъёмке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. М.: Недра, 1982.
2. Буров М.И., Красноперцев Б.В., Михайлов А.П. Практикум по фотограмметрии: Учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1987.
3. Куштин И.Ф., Бруевич П.Н., Лысков Г.А. Справочник техника-фотограмметриста. М.: Недра, 1988.
4. Обиралов А.И. Практикум по фотограмметрии и дешифрированию снимков: учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1990.
5. Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебник для вузов. М.: КолосС, 2006.
6. Самсонова Н.В. Дистанционное зондирование и фотограмметрия (практикум): учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 БЛАНК ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

Расчётная величина		№ п/п	Вычисления	Расчётное значение
Номер съёмочной трапеции				
m		1		
M		2		
H , м		3		
$H_{абс}$, м		4		
H_0 , м		5		
L_x , км		6		
L_y , км		7		
S , км ²		8		
Перекрытие	P_x , %	9		
	P_y , %	10		
Рабочая площадь	на снимке	b_x , см	11	
		b_y , см	12	
	на местности	B_x , м	13	
		B_y , м	14	
Q , км ²		15		
n		16		
K		17		
N		18		
n_k		19		
t , сек		20		
T_{max} , сек		21		
T_s , час		22		
d_y , мм		23		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОФОТОАППАРАТОВ

Тип АФА	Тип объектива	Фокусное расстояние, мм	Угол поля зрения, градус	Относительное отверстие объектива	Разрешающая способность в центре и на краю, ЛИН/мм	Максимальная дисторсия, мкм	Тип затвора и диапазон выдержек	Время цикла	Количество аэроснимков в кассете
АФА-ТЭС-5	Руссар-62	50	136	1 : 9	50-20	40	Роторный 1/80 – 1/850	2,4 – 1,4	300
АФА-ТЭС-7	Руссар-67	72	120	1 : 6	30-12	15	Роторный 1/80 – 1/850	2,3 – 1,2	300
АФА-ТЭ-70С	Руссар-69	70	122	1 : 9	25-15	25	ЭВМ 1/50 – 1/440	1,2	300
АФА-41/7,5	Ортогон-1	75	118	1 : 7	42-10	20	Центральный 1/60 – 1/700	2,5	300 и 600
АФА-ТЭС-10М	Руссар-63в	100	103	1 : 6	70-25	10	Роторный 1/70 – 1/700	2,4 – 1,4	300
ТАФА-10	Ортогон-5А	100	103	1 : 7	90-20	10	Роторный 1/75 – 1/1000	2,2 – 1,7	290 и 580
АФА-ТЭ-140М	Руссар-43	140	85	1 : 6	53-20	15	ЗВ-1 или ЗВМ 1/30 – 1/120 1/70 – 1/300	2,3	300
АФА-ТЭ-200М	Руссар- Плазмат	200	65	1 : 6	40-20	15	ЗВ-1 или ЗВМ 1/30 – 1/120 1/70 – 1/300	2,3	300
АФА-ТЭ-35	Тафар-3	350	40	1 : 6	35-28	12	Центральный 1/70 – 1/700	2,4 – 1,4	300
АФА-42/20	Орион-1	200	92	1 : 6	35-10	300	Центральный 1/70 – 1/700	2,5	190 и 380
АФА-ТЭ-500	Ортониар-13	500	29	1 : 7	35-25	20	Жалюзи 1/75 – 1/200	2,3	300

Примечание. Для АФА-42 размер кадра 30 × 30 см, для остальных АФА – 18 × 18 см.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ВОЗДУШНЫЕ СУДА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АЭРОФОТОСЪЁМКЕ И ИХ ЛЁТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

	АН-30	ИЛ-14	KingAir-350	АН-2	МИ-8	КА-8
Практический потолок, м	8300	6500	10600	4500	6000	4000
Съёмочная скорость, км/ч	350	280	340	190	210	240
Продолжительность полёта, ч	5.5	9.0	5.5	6.0	3.5	1.5
Практическая дальность, км	2000	2500	2800	1200	640	400
Длина разворота, м	2670	1696	2500	700	865	1246

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 КАТАЛОГ КООРДИНАТ И ВЫСОТ ПЛАНОВЫХ И ВЫСОТНЫХ ОПОЗНАКОВ

№ п/п	Название и номер опознака	Номер снимка	Координаты, м		Высота центра	Высота земли	Прим.
			X	Y			
1	2	3	4	5	6	7	8