

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОЛОГИИ, ГОРНОГО ДЕЛА И ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ  
РЕСУРСОВ им. академика У. Асаналиева**

**Кафедра: «Геодезия и маркшейдерское дело»**

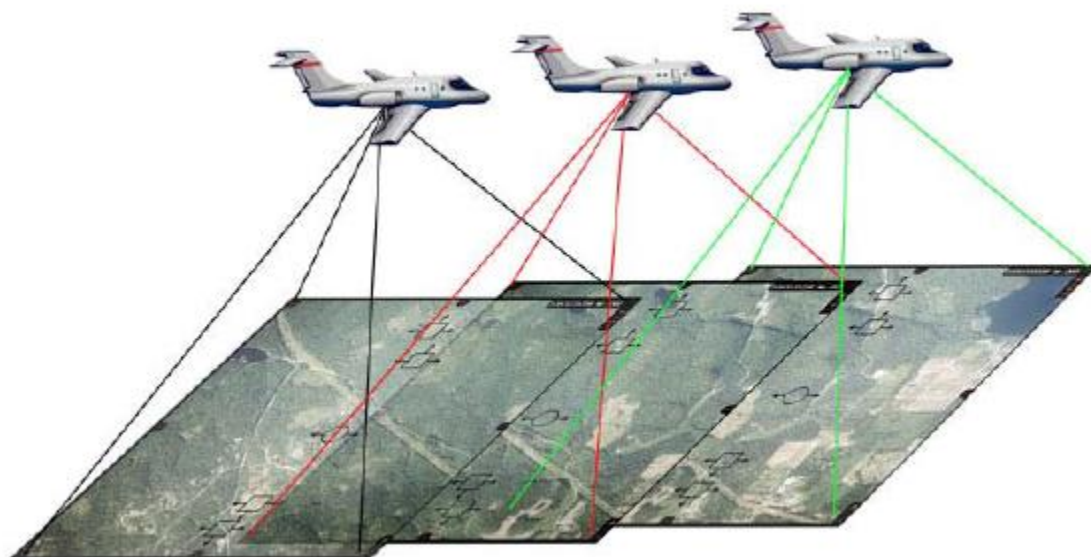
### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к практическим занятиям по дисциплине

**«Аэрокосмические методы съемок»**

для студентов специальности: **620001 «Прикладная геодезия».**

специализация: «Прикладная геодезия».



Бишкек-2021

**«РАССМОТРЕНО»**  
на заседании кафедры  
«Геодезия и маркшейдерское дело»  
Прот. №5 12.01.2021 г.

**«ОДОБРЕНО»**  
Учебно-методическим  
советом КГГУ  
им академика У. Асаналиева  
Прот. №5 25.01.2022 г.

УДК 622.1(072)

Составители: А. А. Нурдинова, Дуйшонбек кызы Г,  
Н. Р. Кементурова

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Аэрокосмические методы съемок» для студентов специальности 620001 «Прикладная геодезия». КГГУ им. академика У. Асаналиева; Сост.: А. А. Нурдинова, Дуйшонбек кызы Г, Н. Р. Кементурова; Бишкек 2020 г.-31 с.

Практикум содержит шесть заданий, охватывающих основные разделы дисциплины «Аэрокосмические методы съемок».

Для студентов специальности «Прикладная геодезия».

Ил. 9, табл. 6, библиогр.13 назв.

Рецензент  
к.т.н., доцент

Абдиев А.Р.

© КГГУ им.академика У. Асаналиева  
© А. А. Нурдинова, Дуйшонбек кызы Г,  
Н. Р. Кементурова, 2021 г.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время с развитием компьютерных технологий возрастает роль дистанционных методов изучения окружающей среды. Особенно это актуально при исследовании окружающей среды, потому что наземные работы связаны с большими затратами средств и времени.

Под аэрокосмическими методами съемки принято понимать совокупность методов исследований атмосферы, земной поверхности, океанов, верхнего слоя земной коры с воздушных и космических носителей путем дистанционной регистрации и последующего анализа идущего от Земли электромагнитного излучения. Оно является одной из ведущих дисциплин в подготовке инженеров-проектировщиков, изыскателей и строителей по специальности «Прикладная геодезия» и обеспечивают определение точного географического положения изучаемых объектов или явлений, получение их качественных и количественных биогеофизических характеристик и их изменений во времени и изучает те же вопросы, что и геодезия, но использует для этого аэрофотосъемочное изображение земной поверхности.

В методических указаниях дано шесть практических работ, которые позволяют закрепить, теоретические знания студентов по аэрофотосъемке местности и использованию аэрофотоснимков, проектированию трасс автомобильных дорог, определению превышений точек местности, уклонов линий, выполнению камерального топографического дешифрирования, элементам стереоскопической рисовки рельефа с использованием стереоскопических снимков.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 (6 часов)**

### **Расчет основных параметров аэрофотосъемки. Составление накидного монтажа. Оценка качества лётно-съёмочных работ**

#### **Цель работы:**

1. Научиться как заказчику, планировать аэрофотосъемку и оценивать её качество.
2. Определять среднюю высоту фотографирования, продольное и поперечное перекрытие аэроснимков и базис фотографирования.
- 3.
4. Уметь рассчитывать ширину аэрофотосъёмочного маршрута в натуре и на топографической карте.
5. Уметь рассчитывать число аэрофотосъёмочных маршрутов.
5. Наносить на аэрофотоснимки главные точки и начальные направления.
6. Составлять накидной монтаж из выданных для работы снимков.

#### ***Тематика занятия***

Накидной монтаж необходим для оценивания качества лётно-съёмочного процесса: точность покрытия аэрофотосъёмкой заданной площади, соблюдения перекрытия и масштаба фотографирования, прямолинейности маршрутов, выравнивание плёнки, резкости изображения, работы АФА. Изготовление накидного монтажа производится на планшетах, соответствующих размеру снимаемого участка.

При продольном перекрытии до 60% монтируются все снимки, при перекрытии 80% - монтаж производится через один снимок, а при перекрытии 90% - через три аэроснимка (рис.1.1). Крайние снимки маршрутов монтируются обязательно, независимо от величины перекрытия. Аэроснимки монтируются так, чтобы были видны их номера.

Накидной монтаж начинают выполнять с первого (северного) маршрута участка, причём снимки раскладываются по маршрутам с севера на юг. Монтаж начинают с крайнего первого снимка маршрута, к нему подсоединяют соседний левый снимок путём тщательного совмещения идентичных контуров. Подобным образом присоединяются все снимки маршрута до крайнего левого. К первому маршруту подсоединяется следующий маршрут. При этом должны быть совмещены идентичные контура, как в продольном перекрытии, так и в поперечном.



Рис. 1.1. Схема накидного монтажа

**Пример 1.** Получив участок для проектирования автодороги и рекомендованный масштаб аэрофотосъемки, выдать задание на аэрофотосъемку в пределах одного листа топографической карты соответствующего масштаба, т.е. рассчитать высоту полета, скорость, максимально допустимую выдержку, величину продольного и поперечного перекрытия, число маршрутов, число кадров в маршруте, общее число кадров.

**Исходные данные:**

$L_x = 30$  км, длина участка;

$L_y = 50$  км, ширина участка;

$1 : m = 1:10000$ , средний масштаб съемки;

$f = 250$  мм, фокусное расстояние;

$l \times l = 18 \times 18$  см, формат аэрофотоснимка;

$h = 80$  м, Колебание высот на участке

**Методические рекомендации к выполнению задания**

1. Определите среднюю высоту фотографирования, продольное и поперечное перекрытие аэроснимков и базис фотографирования проектируемой аэросъемки:

а) средняя высота фотографирования

$$H_{cp} = m_c \cdot f = 0,25 \cdot 10000 = 2500 \text{ (м)};$$

б) продольное перекрытие аэроснимков

$$P_x = \left( 50 \left( 1 + \frac{h}{H_c} \right) + 10 \right) = \left( 50 \left( 1 + \frac{80}{2500} \right) + 10 \right) = 61,6 \%;$$

в) поперечное перекрытие аэросномков

$$P_y = \left( 50 \left( 1 + \frac{h}{H_c} \right) - 20 \right) = \left( 50 \left( 1 + \frac{80}{2500} \right) - 20 \right) = 31,6 \%;$$

г) базис фотографирования

$$B = \frac{l_x(100 - P_x)}{100} * m_c = \frac{18(100 - 61,6)}{100} * 100 = 691,2 \text{ (м)}$$

2. Рассчитайте ширину аэрофотосъемочного маршрута в натуре и на топографической карте масштаба  $1:m_k = 1:10000$ :

$$L_m = l_y * m_c = 18 * 10000 = 180000 \text{ (м)}$$

$$l_k = \frac{l_y * m_c}{m_k} = \frac{18 * 10000}{10000} = 18 \text{ (мм)}$$

3. Рассчитайте число аэрофотосъемочных маршрутов и число аэроснимков на участке мостового перехода:

а) расстояние между смежными аэрофотосъемочными маршрутами

$$L_y = \frac{l_y(100 - P_y)}{100} * m_c = \frac{18(100 - 31,6)}{100} * 100 = 1231,2 \text{ (м)}$$

б) количество маршрутов на участке

$$N_m = \frac{L_y}{l_y} + 1 = \frac{50000}{1231,2} + 1 \approx 42 \text{ (шт)}$$

в) число снимков в маршруте

$$N_c = \frac{L_x}{B} + 3 = \frac{30000}{691,2} + 3 \approx 46 \text{ (шт)}$$

г) число снимков на аэрофотосъемочном участке

$$N_{yz} = N_c * N_m = 46 * 42 = 88 \text{ (шт)}$$

4. Нанести на аэрофотоснимки, выданные для работы, их координатные оси, главные точки и начальные направления.

Определите базис фотографирования на левом и правом снимке (измерения выполняются измерителем с точностью  $\pm 0,1$  мм)

$$b_l = \text{___ мм}; b_{np} = \text{___ мм}; b_{cp} = \text{___ мм}.$$

5. Составьте наглядный монтаж из выданных для работы снимков. Определите по наглядному монтажу продольное перекрытие аэроснимков, прямолинейность маршрута, непараллельность сторон аэроснимков направлению маршрута и разномасштабность снимков:

а) продольное перекрытие снимков

$$P_x = \frac{\Delta l_x}{l_x} * 100\%; P_x = \text{‰};$$

б) непараллельность сторон аэроснимков направлению маршрута (измеряется транспортиром с точностью  $\pm \frac{1^\circ}{4}$ )

Варианты для студентов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

Исходные данные:

Варианты задания	Средний масштаб съемки, $1:m_c$	Фокусное расстояние $f$ , мм	Формат снимка $l_x \times l_y$ , см	Длина участка $L_x$ , км	Ширина участка $L_y$ , км	Колебание высот на участке $h$ , м
1	1:7000	100	18×18	7	4	80
2	1:9000	70	18×18	5	3	60
3	1:8000	200	18×18	10	4	100
4	1:10000	140	18×18	12	5	70
5	1:8000	100	18×18	8	3	90
6	1:7000	200	18×18	6	3	120
7	1:10000	200	18×18	9	5	110
8	1:7000	70	18×18	10	4	80
9	1:8000	140	18×18	7	3	60
10	1:9000	100	18×18	9	4	100
11	1:7000	100	18×18	11	5	90
12	1:9000	200	18×18	12	6	70
13	1:7000	140	18×18	5	4	80
14	1:8000	70	18×18	9	5	110
15	1:10000	70	18×18	10	6	90
16	1:5000	100	18×18	7	4	70
17	1:15000	70	18×18	5	3	80
18	1:9000	200	18×18	11	4	90
19	1:12000	180	18×18	10	6	60
20	1:5000	100	18×18	9	5	80
21	1:6000	150	18×18	7	6	90
22	1:15000	200	18×18	8	5	110
23	1:10000	70	18×18	12	8	120
24	1:8000	140	18×18	9	6	60
25	1:9000	150	18×18	10	5	70
26	1:7000	100	18×18	10	5	90
27	1:12000	250	18×18	8	4	70
28	1:7000	240	18×18	5	7	100
29	1:8000	100	18×18	9	5	110
30	1:15000	70	18×18	10	4	90

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое аэрофотосъемка?
2. Для чего осуществляется накидной монтаж аэрофотоснимков?
3. В каком порядке осуществляется накидной монтаж аэрофотоснимков?
4. В виде какого материала (документа) закрепляется накидной монтаж?
5. Какие параметры аэрофотосъёмки необходимо определить при планировании АФС-работ?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 (4 часа)**

### **Определение рабочей и полезной площади аэроснимка**

**Цель работы:** установление размеров площади аэроснимка, зарисовка перекрытий и отграничение рабочей площади.

#### ***Тематика занятия***

**Рабочей площадью** называется срединная, наименее искаженная часть аэроснимка, ограниченная со всех сторон линиями, проведенными по середине продольных и поперечных перекрытий. При дешифрировании аэроснимков в пределах рабочей площади производится выделение таксационных участков и увязка выделов по границам.

Вначале отбирают средний аэроснимок и аэроснимок, перекрывающий его слева, которые совмещают по идентичным контурным точкам между собой, зарисовывают их положение и посередине перекрытия проводят пунктиром прямую линию. На рисунке 2.1 средний аэроснимок изображен под номером **121**, а перекрывающий слева – под номером **120**. Далее берут средний аэроснимок (**121**) и аэроснимок, перекрывающий его справа (**122**), совмещают их по идентичным контурам, посередине перекрытия проводят пунктирную линию и зарисовывают их положение. Аналогично поступают с аэроснимками, перекрывающими средний аэроснимок сверху и снизу.

В результате получают прямоугольник с пунктирными границами, который и будет рабочей площадью аэроснимка **№121**. Рабочую площадь заштриховывают и рядом с ней записывают номера смежных снимков.

Размеры рабочей площади аэроснимка вычисляют по формулам:

$$l_x = 1(100 - P_x) / 100$$



$$l_y = l(100 - P_y) / 100$$

где  $l_x$  и  $l_y$  – размеры аэроснимка, см;

$P_x$  и  $P_y$  – проценты продольного и поперечного перекрытий.

Размеры рабочих площадей получают в квадратных сантиметрах, а используя масштаб аэроснимка, их можно выразить в гектарах.

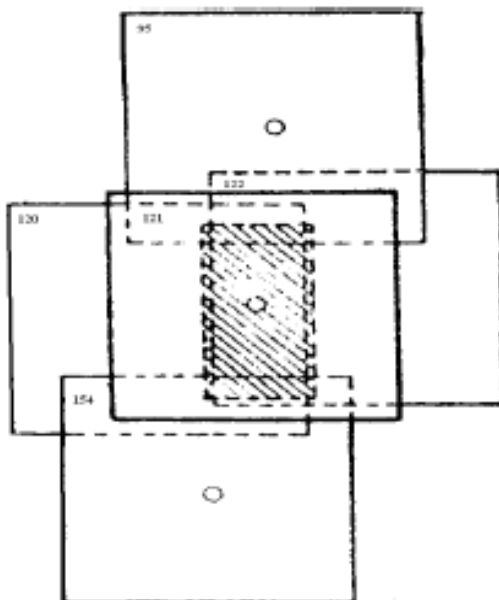


Рис.2.1. Схема ограничения рабочей площади аэроснимка

**Пример 1.** Исходные данные:

- размер аэроснимка 18x18 см,
- процент продольного перекрытия  $P_x$  – 60%,
- процент поперечного перекрытия  $P_y$  – 30%,
- масштаб 1:10000 (численный  $m=10\ 000$ , линейный  $M=100$ ).

Решение задач приведены в таблице 2.1.

### Методические рекомендации к выполнению задания

Таблица 2.1.

#### РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОЧЕЙ И ПОЛЕЗНОЙ ПЛОЩАДИ

*Фактические данные  
рабочей площади*

*Расчетные данные  
рабочей площади*

<i>Стороны рабочего площади</i>	
$l_x=7,4$ см	$l_x = l(100 - P_x)/100 = 18(100 - 60)/100 = 7,2$ см
$l_y=11,8$ см	$l_y = l(100 - P_y)/100 = 18(100 - 30)/100 = 12,6$ см
<i>Величина рабочей площади</i>	
$S_{раб} = l_x \cdot l_y = 7,4 \cdot 11,8 = 87,3$ см <sup>2</sup>	$S_{раб} = l_x \cdot l_y = 7,2 \cdot 12,6 = 90,7$ см <sup>2</sup>

<b>Площадь аэроснимка</b>	
$S_{сн} = l \cdot l = 18 \cdot 18 = 324 \text{ см}^2$	$S_{сн} = l \cdot l = 18 \cdot 18 = 324 \text{ см}^2$
<b>Процент рабочей площади от всей площади аэроснимка</b>	
$S_{раб} \cdot 100 / S_{сн} = 87,3 \cdot 100 / 324 = 26,9 \%$	$S_{раб} \cdot 100 / S_{сн} = 90,7 \cdot 100 / 324 = 28,0 \%$
<b>Площадь на местности</b>	
$S_{раб} = l_x \cdot l_y (m/100)^2 = 0,074 \cdot 0,118 \cdot$	$S_{раб} = l_x \cdot l_y (m/100)^2 = 0,072 \cdot 0,126 \cdot$
$\cdot (10\ 000/100)^2 = 87 \text{ м}^2 = 87 \text{ га}$	$\cdot (10\ 000/100)^2 = 91 \text{ м}^2 = 91 \text{ га}$
$S_{сн} = (l \cdot m/100)^2 = (0,18 \cdot 10000/100)^2 =$	$S_{сн} = (l \cdot m/100)^2 = (0,18 \cdot 10000/100)^2 =$
$= 324 \text{ м}^2 = 324 \text{ га}$	$= 324 \text{ м}^2 = 324 \text{ га}$
где $l_x, l_y$ , в метрах	
<b>Вычисление площади через линейный масштаб</b>	
$L = l \cdot M = 18 \cdot 100 = 1800 \text{ м}$	$L = l \cdot M = 18 \cdot 100 = 1800 \text{ м}$
$L_x = l_x \cdot M = 7,4 \cdot 100 = 740 \text{ м}$	$L_x = l_x \cdot M = 7,2 \cdot 100 = 720 \text{ м}$
$L_y = l_y \cdot M = 11,8 \cdot 100 = 11800 \text{ м}$	$L_y = l_y \cdot M = 12,6 \cdot 100 = 1260 \text{ м}$
$S_{раб} = L_x \cdot L_y / 10000 = 740 \cdot 1180 / 10000 =$ 87 га	$S_{раб} = L_x \cdot L_y / 10000 =$ $= 720 \cdot 1260 / 10000 = 91 \text{ га}$
$S_{сн} = L^2 / 10000 = 1800^2 / 10000 = 324 \text{ га}$	$S_{сн} = L^2 / 10000 = 1800^2 / 10000 = 324 \text{ га}$

Исходные варианты для студентов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2.

Варианты	Формат снимков (см × см) $l \times l$	Продольное ( $P_x$ ) и поперечное ( $P_y$ ) перекрытие (%) $(P_x) \times (P_y)$	Масштаб съёмки (м)
1	30X30	60:35	10000
2	18X18	60:40	30000
3	30X30	60:27	25000
4	18X18	58:22	10000
5	30X30	59:30	15000
6	18X18	62:22	10000
7	30X30	60:28	25000
8	18X18	60:35	20000
9	30X30	60:24	15000
10	18X18	63:24	30000
11	30X30	58:40	15000
12	18X18	60:31	10000
13	30X30	60:38	25000
14	18X18	58:40	20000
15	30X30	60:38	30000
16	18X18	58:40	10000
17	30X30	59:25	15000
18	18X18	59:39	15000
19	30X30	63:27	30000
20	18X18	65:23	15000

21	30X30	62:22	10000
22	18X18	59:31	25000
23	30X30	64:22	20000
24	18X18	63:29	30000
25	30X30	63:22	10000
26	18X18	59:31	15000
27	30X30	59:23	30000
28	18X18	65:30	15000
29	30X30	59:25	10000
30	18X18	58:24	25000

***Контрольные вопросы:***

1. Что такое рабочая площадь аэроснимка?
2. Что такое экспозиция, выдержка?
3. Как определяется величина рабочей площади?
4. Перечислите критерии качества летно-съёмочных работ.
5. Какие вы знаете виды аэрофотосъёмки?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 (6 часа)**

**Расчет плановой аэрофотосъёмки участка местности**

**Цель занятия:** ознакомиться с плановой аэрофотосъёмкой и получить навыки в расчете основных параметров и составлении схемы аэрофотосъёмки.

***Тематика занятия***

Аэрофотосъёмкой (АФС) называется комплекс работ по фотографированию земной поверхности с летательных аппаратов и изготовлению аэрофотоснимков. В зависимости от объектов АФС подразделяются на:

- плановая – съёмку небольших объектов на 1–2 снимка;
- одно-маршрутную – съёмку узкой полосы – 1–2 маршрута;
- многомаршрутную – съёмку участка местности.

Аэрофотосъёмка выполняется аэрофотоаппаратами. Для топографических целей выполняют, как правило, площадную плановую фотосъёмку. Она производится топографическими аэрофотоаппаратами при отвесном (в пределах 3 градусов) положении оптической оси и прокладывается в виде ряда параллельных между собой маршрутов. Аэроснимки, получаемые при такой аэросъёмке, должны иметь перекрытия как вдоль, так и поперек маршрутов.

**Пример 3.** Расчет задания на АФС проводится для всей, подлежащей съемке, территории отдельно по листам топографической карты масштаба 1:10000 -1:25 000.

**Необходимо рассчитать:**

1) абсолютную высоту средней плоскости участка аэрофотосъемки ( $A_{cp}$ ), абсолютную высоту линии полета ( $A_{л.п}$ ), среднюю высоту фотографирования ( $H_{cp}$ ) над средней плоскостью участка съемки и максимальное колебание рельефа ( $I_w$ ) над средней плоскостью участка;

2) перекрытие аэрофотоснимков (АФСН):

- продольное  $P_x$  в %,  $a_x$  в мм;

- поперечное  $P_y$  в %,  $a_y$ , в мм;

3) базисы фотографирования  $B_x$  и  $B_y$  в масштабе аэроснимка и на местности  $B_x$  и  $B_y$

4) количество маршрутов ( $n_m$ );

5) количество АФСН в маршруте ( $n$ ), общее число АФСН на снимаемом участке ( $N$ ) и общий расход фотопленки ( $L_{пл}$ );

6) площадь земной поверхности, покрываемую одним снимком ( $S$ );

7) максимально допустимое время экспозиции ( $t_3$ ), интервал времени между экспозициями ( $t$ ), общее время для АФС ( $T$ ).

**Исходные данные:**

$L_x = 50$  км, длина маршрута, т.е. длина фотографируемого участка;

$L_y = 30$  км, ширина этого участка;

$1 : m = 1:10000$ , масштаб съемки;

$f = 100$  мм, фокусное расстояние АФА;

$l \times l = 30 \times 30$  см, формат аэрофотоснимка;

$U = 150$  км/ч, скорость полета;

$\delta = 0,1$  мм, допустимый линейный сдвиг фотоизображения;

$P_x = 60\%$ , продольное перекрытие АФСН;

$P_y = 30\%$ , поперечное перекрытие АФСН;

$A_{max} = 220$  м, максимальная абсолютная высота земной поверхности;

$A_{min} = 180$  м, минимальная абсолютная высота земной поверхности.

### Методические рекомендации к выполнению задания

1. **Максимальную и минимальную высоты** точек земной поверхности на снимаемом участке определяют по топографической карте (в нашем задании  $A_{\max} = 220$  м,  $A_{\min} = 180$  м) и по ним вычисляют:

а) абсолютную высоту средней плоскости земной поверхности (рис.3.1):

$$A_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}{2} = \frac{220 + 180}{2} = 200 \text{ м.}$$

б) среднюю высоту фотографирования ( $H_{\text{ср}}$ ) над средней плоскостью участка определяют по формуле

$$H_{\text{ср}} = f \cdot m = 0,1 \text{ м} \cdot 10000 = 1000 \text{ м.}$$

в) абсолютную высоту фотографирования (линии полета  $A_{\text{лп}}$ ) определяют по формуле

$$A_{\text{лп}} = A_{\text{ср}} + H_{\text{ср}} = 200 \text{ м} + 1000 \text{ м} = 1200 \text{ м.}$$

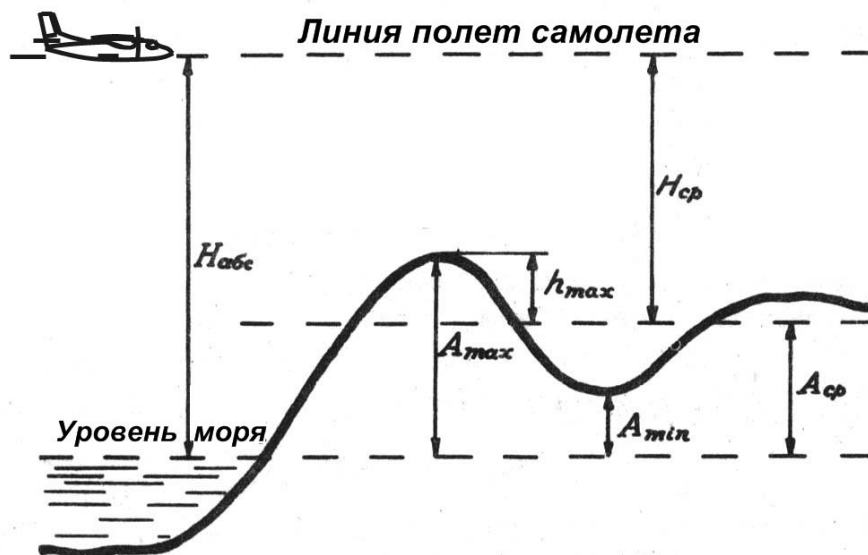


Рис. 3.1. Основные параметры аэрофотосъемки

г) максимальное колебание рельефа  $h_{\text{max}}$  над средней плоскостью снимаемого участка земной поверхности определяют по формуле

$$h_{\text{max}} = A_{\text{max}} - A_{\text{ср}} = A_{\text{ср}} - A_{\text{min}} = 220 - 200 = 200 - 180 = 20 \text{ м}$$

## 2. Расчет перекрытия аэроснимков

Продольное ( $P_x$ ) и поперечное ( $P_y$ ) перекрытия снимков вычисляют в процентах по формулам:

$$P_x = \frac{(56 - 62) + 50h_{\text{max}}}{H_{\text{ср}}}, \%; \quad P_y = \frac{(20 - 34) + 50h_{\text{max}}}{H_{\text{ср}}}, \%;$$

В нашем примере они заданы:  $P_x = 60 \%$ ,  $P_y = 30 \%$  Необходимо вычислить величину перекрытий в линейной мере:

$$\text{продольное перекрытие: } a_x = \frac{lP_x}{100} = \frac{30 \cdot 60}{100} = 18 \text{ см}$$

$$\text{продольное перекрытие: } a_y = \frac{lP_y}{100} = \frac{30 \cdot 30}{100} = 9 \text{ см}$$

### 3. Расчет базисов фотографирования

Базисы фотографирования в масштабе аэроснимка рассчитывают по формулам:

продольный базис:

$$b_x = l - a_x = \frac{l(100 - P_x)}{100} = 30 - 18 = \frac{30(100 - 60)}{100} = 12 \text{ см}$$

поперечный базис:

$$b_y = l - a_y = \frac{l(100 - P_y)}{100} = 30 - 9 = \frac{30(100 - 30)}{100} = 21 \text{ см}$$

### 4. Величину базисов фотографирования на местности вычисляют по формулам:

продольный базис:  $B_x = b_x \cdot m = 0,12 \text{ м} \cdot 10000 = 1200 \text{ м}$ ;

поперечный базис:  $B_y = b_y \cdot m = 0,21 \text{ м} \cdot 10000 = 2100 \text{ м}$ .

где  $L_y$  - протяженность участка по меридиану, км;

$B_y$  - базис фотографирования на местности, км.

Для обеспечения южной и северной границ участка количество маршрутов увеличивается на один.

### 5. Расчет количества АФСн:

а) число АФСн в маршруте зависит от его длины ( $L_x$ ) и величины продольного базиса ( $B_x$ ):

$$n_m = \frac{L_x}{B_x} + 2 = \frac{50}{1,2} + 1 = 41,7 + 2 = 43,7 \approx 44 \text{ шт}$$

Центры крайних снимков маршрута должны быть вне рамок снимаемого участка, в связи с чем количество снимков в маршруте увеличивается на два (в формуле + 2);

а) расстояние между смежными аэрофотосъемочными маршрутами

$$L_y = \frac{l_y(100 - P_y)}{100} * m_c = \frac{30(100 - 30)}{100} * 100 = 2100 \text{ (м)}$$

б) количество маршрутов на участке

$$n = \frac{L_y}{L_y} + 1 = \frac{30000}{2100} + 1 = 15 \text{ (шт)}$$

в) общее число снимков на участок вычисляется по формуле:

$$N_{\text{общ}} = n_m \cdot n \cdot K = 44 \cdot 15 \cdot 1,1 = 726 \text{ шт.}$$

где  $n_m$  - количество маршрутов;

$n$  - количество снимков в маршруте;

$K$  - коэффициент увеличения количества снимков за различные ошибки, равный 1,1 для равнинной местности и 1,15 - для горной;

г) количество аэрофотопленки, необходимое для съемки всей площади участка вычисляется по формулам:

$$L_{\text{пл}} = (l + 1 \text{ см}) \cdot N + 4 \text{ м} = 31 \text{ см} \cdot 726 + 4 \text{ м} = 0,31 \text{ м} \cdot 726 + 4 \text{ м} = 229 \text{ м}$$

где  $l$  см - величина промежутка между кадрами;

$4 \text{ м}$  - технические отходы.

### **6. Расчет площади, покрываемой аэроснимком**

Площадь земной поверхности, покрываемая аэроснимком, равна:

$$S = (l \cdot m)^2 = (0,3 \cdot 10000)^2 = 9000000 \text{ м}^2 = 900 \text{ га}$$

где  $l$  - размер стороны аэроснимка;

$m$  - знаменатель масштаба аэроснимка.

### **7. Расчет времени, необходимого для аэрофотосъемки:**

а) величина экспозиции  $t_э$  (выдержка, исключая появление недопустимого смаза изображения) вычисляется исходя из величины допустимого смаза, скорости полета и масштаба съемки:

$$t_э = \frac{\delta m}{U} = \frac{\delta H_{\text{сп}}}{f_k U} = \frac{0,0001 \cdot 10000 \cdot 3600 \text{ с}}{150000} = 0,024 \text{ с} \approx 0,02 \text{ с}$$

где  $H_{\text{сп}}$ , - высота фотографирования;

$f_k$  - фокусное расстояние объектива;

$\delta$  - величина смаза за время выдержки,

$U$  - скорость полета самолета.

Допустимая величина смаза  $\delta$  должна быть не более 0,2 мм;

б) интервал между экспозициями  $t$  рассчитывается с учетом продольного базиса аэросъемки ( $B_x$ ) и скорости полета самолета ( $U$ ):

$$t = \frac{B_x \cdot 3600 \text{ с}}{U} = \frac{1200 \text{ м} \cdot 3600 \text{ с}}{15000} = 28,8 \text{ с};$$

в) время, необходимое для аэрофотосъемки всего участка, рассчитывается по формуле

$$T = N(t + t_э) / 3600 \text{ с} = 726(28,80 + 0,02) / 3600 \text{ с} = 5,24 \text{ ч}$$

где  $N$ - общее число снимков на участке

$t$  - число маршрутов;

$t_3$  - длина участка по параллели;

### 8. Составление проекта аэрофотосъемки

Выполненные расчеты служат основой для составления графического рабочего проекта аэрофотосъемки по заданным маршрутам:

а) на топографическую карту (восковку) наносят оси маршрутов аэрофотосъемки. Ось первого маршрута располагают вблизи северной рамки участка таким образом, чтобы примерно треть площади аэроснимков выходила за его границу. Последующие маршруты наносят параллельно первому с расстояниями между ними, равными поперечному базису фотографирования  $B_y$  в масштабе топоосновы;

б) на маршрутах наносят центры аэроснимков в соответствии с  $B_x$  с учетом масштаба топоосновы. Центр первого снимка располагают за западной рамкой участка на расстоянии одного базиса фотографирования от нее;

в) на двух смежных маршрутах аэрофотосъемки показывают расположение четырех перекрывающихся снимков в масштабе карты (по 2 снимка на маршруте). Продольные перекрытия для этих снимков показывают штриховкой, а поперечные перекрытия всех маршрутов показывают фоновой окраской (рис. 3.2).

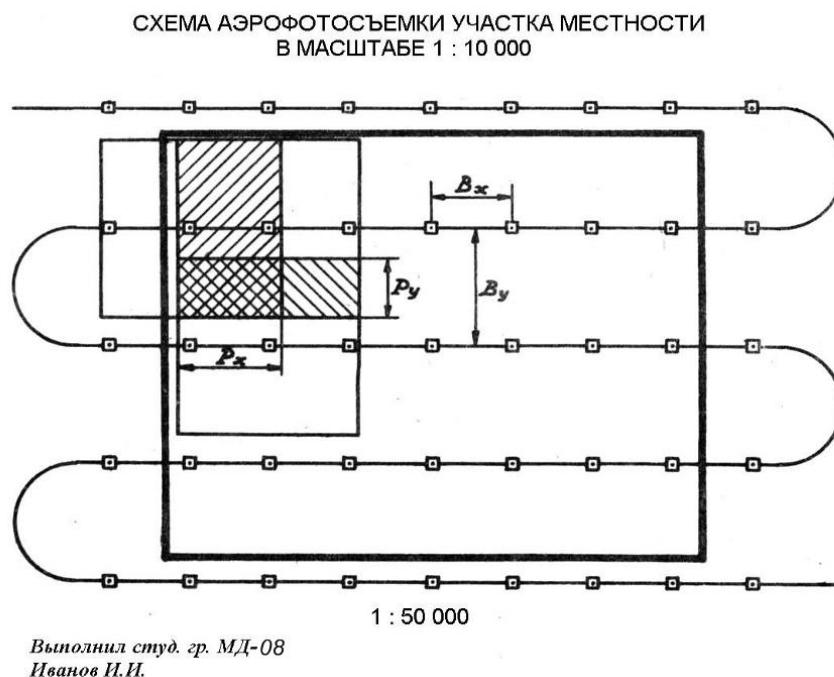


Рис. 3.2. Схема аэрофотосъемки



Варианты для студентов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Варианты	Размер площади подлежащей съёмке длина ( $L_x$ ) и ширина ( $L_y$ ), км	Скорость полёта самолёта $U$ (км/ч)	допустимый линейный смаз ( $\delta$ ) изображена (мм)	Максимальная абсолютная высота земной поверхности; $A_{max}$ (м)	Минимальная абсолютная высота земной поверхности. $A_{min}$ (м)	фокусное ( $f_k$ ) расстояние (мм)
1	30×40	120	0,05	220	180	500
2	75×15	140	0,05	350	300	200
3	35×35	150	0,10	270	240	100
4	40×45	170	0,05	200	170	350
5	12×40	190	0,01	240	200	200
6	60×10	165	0,10	260	220	100
7	30×11	180	0,05	280	250	500
8	38×25	180	0,10	300	275	350
9	36×33	165	0,05	320	290	100
10	55×15	190	0,10	340	315	500
11	70×10	155	0,01	330	305	200
12	50×52	160	0,05	310	290	100
13	42×36	165	0,10	290	195	500
14	18×10	170	0,10	270	250	350
15	28×14	175	0,01	250	230	100
16	28×26	180	0,05	230	195	250
17	43×48	185	0,10	210	200	150
18	36×42	190	0,01	400	350	200
19	47×33	120	0,05	420	410	500
20	36×34	140	0,10	450	425	350
21	46×42	190	0,10	430	400	100
22	40×29	180	0,10	250	225	500
23	38×25	170	0,01	280	265	350
24	34×29	160	0,01	290	270	100
25	26×33	150	0,05	250	215	250
26	22×44	140	0,05	360	345	150
27	30×21	130	0,01	270	255	200
28	75×15	120	0,10	340	310	500
29	30×35	110	0,05	300	285	350
30	20×10	165	0,05	390	300	200

**Контрольные вопросы:**

1. Параметры для расчета аэрофотосъемки.
2. Параметры для оценки результатов аэрофотосъемки.
3. Как организуют заказ на аэрофотосъемку?
4. Какие материалы получает заказчик от исполнителя аэрофотосъемочных работ?
5. Назовите основные параметры аэрофотосъемки?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 (6 часов)**

**Определение горизонтальных масштабов АФСн и высоты фотографирования**

**Цель занятия:** Ознакомиться несколькими способами определения масштаба аэроснимка и научиться определять времени дня аэрофотосъемки

**Тематика занятия**

Существует несколько способов определения горизонтальных масштабов АФСн:

- а) по отношению  $f$  фокусного расстояния АФА и высоты  $H$  фотографирования;
- б) по соотношению длины линий на АФСн и на топокарте;
- в) По соотношению длины линий на АФСн и на местности. При этом определяют продольный (вдоль маршрута), поперечный (поперек маршрута) и средний горизонтальные масштабы АФСн.

*Масштаб горизонтального АФСн*

Фотографирование местности и при строго отвесном положении оптической оси АФА (линии  $S_{10}$ ) позволяет получить горизонтальный, плановый снимок. Принято считать, что при отклонении оптической оси  $S_{10}$  АФА относительно вертикали на угол  $\alpha$  не более  $3^\circ$  получают плановый снимок, а при  $\alpha > 3^\circ$  -перспективный снимок.

Для картографических целей используется плановая АФС, т.е.  $\alpha < 3^\circ$ . Из рис. 1 следует, что масштаб горизонтального снимка местности равен:

$$\frac{l}{m_{\text{CH}}} = \frac{l_{\text{CH}}}{L_M} = \frac{oS}{OS} = \frac{f}{H} \quad \text{т.е.} \quad \frac{l}{m_{\text{CH}}} = \frac{f}{H}$$

Отсюда высота фотографирования

$$H = f m_{\text{CH}}$$

Площадь местности, сфотографированной на одном АФСн,

$$S = L_M^2 = (l_{\text{CH}} * m_{\text{CH}})^2$$

**Пример 1.** Определить среднюю высоту фотографирования  $H_{cp}$  и площадь местности  $S$ , сфотографированной на одном АФСн, если фокусное расстояние АФА  $f = 101$  мм, размер АФСн  $1 \times 1 = 18$  см  $\times$  18 см, масштаб съёмки 1:7000.

**Методические рекомендации к выполнению работы**

$$H_{cp} = f \cdot m_{сн} = 0,101 \text{ м} \cdot 700 = 707 \text{ м};$$

$$L_m = l_{сн} \cdot m_{сн} = 0,18 \text{ м} \cdot 7000 = 1260 \text{ м};$$

$$S = L_m^2 = 1.26^2 \text{ км} = 1,59 \text{ км}^2 = 159 \text{ га}.$$

**Пример 2.** Два АФСн размером 18 x 18 см получены с одинаковой высоты  $H_1 = H_2$ , но двумя АФА с  $f_1 = 101$  мм и  $f_2 = 70$  мм. Определить углы поля изображения обоих АФА,  $H$  и  $S$ , если масштаб первого АФСн 1:7000.

1) Диагональ АФСн  $l_d = \sqrt{(18^2 + 18^2)} = 25,5$  см;

Углы поля изображения:

$$tg\beta = \frac{l_d}{zf};$$

$$\beta_1 = 51^{\circ}40'; \quad \beta_2 = 59^{\circ}12'; \quad z\beta_1 = 103^{\circ}20'; \quad z\beta_2 = 118^{\circ}24';$$

2)  $H_1 = H_2 = f_1 \cdot m_1 = 0,101 \cdot 7000 = 707$  м;

$$\frac{l}{m^2} = \frac{H_2}{f_2} = \frac{707}{0,070} = \frac{l}{10100};$$

3)  $S_1 = (l \cdot m_1)^2 = 1,59 \text{ км}^2 = 159$  га;  $S_2 = (l \cdot m_2)^2 = 3,305 \text{ км}^2 = 330,5$  га;

**Определение горизонтального масштаба АФСн по соотношению длины линий на снимке ( $L_{сн}$ ) и на топокарте ( $L_k$ )**

Выбирают идентичные точки на АФСн и топокарте, измеряют расстояния между этими точками на АФСн и карте. Масштаб АФСн равен:

$$\frac{l}{m_{сн}} = \frac{l_{сн}}{l_k \cdot m_k}$$

где  $l_{сн}$ , - расстояние между точками на АФСн;

$l_k$  - расстояние между точками на карте;

$m_k$  - знаменатель масштаба карты.

**Пример.** Масштаб топокарты 1:10 000.

а) Продольный масштаб АФСн:

расстояние между двумя точками на карте  $l_k = 175$  мм,

расстояние между двумя точками на АФСн  $l_{сн} = 85$  мм.

Масштаб АФСн:

$$\frac{l}{m_{\text{CH}}} = \frac{l_{\text{CH}}}{l_{\text{K}} * m_{\text{K}}} = \frac{85 \text{ мм}}{175 \text{ мм} * 10000} = \frac{1}{20588} \approx \frac{1}{20000}$$

б) Поперечный масштаб АФСн:

расстояние между двумя точками на карте  $l_{\text{K}} = 113$  мм;

расстояние между двумя точками на АФСн  $l_{\text{CH}} = 52$  мм.

$$\frac{l}{m_{\text{CH}}} = \frac{52 \text{ мм}}{113 \text{ мм} * 10000} = \frac{1}{21730} \approx \frac{1}{22000}$$

в) Определение разномасштабности АФСн.

Разномасштабность АФСн возникает из-за:

- изменения высоты фотографирования;
- отклонения оптической оси АФА от вертикали;
- рельефа местности.

Разномасштабность определяется как разность длин идентичных отрезков на двух смежных АФСн.

Во избежание влияния искажений из-за рельефа местности отрезки должны быть выбраны на АФСн в зоне продольного (поперечного) перекрытия примерно перпендикулярно базисам АФСн.

Для этого в средней части зоны перекрытия (продольного или поперечного) на двух АФСн по обе стороны от базисов (продольного и поперечного) выбирают 4 хорошо заметные идентичные точки так, чтобы линии, соединяющие их попарно, были примерно перпендикулярны базисам, а точки находились бы примерно на равных расстояниях от базисов.

Измеряют расстояние  $l_1$  между точками  $1_1-2_1$  на первом снимке и расстояние  $l_2$  между точками  $1_2-2_2$  на втором перекрывающемся снимке.

Разномасштабность АФСн между смежными снимками одного маршрута или между перекрывающимися АФСн соседних маршрутов определяется из выражения

$$\Delta m = \frac{(l_1 - l_2)}{l_1} * 100$$

Знак  $\Delta m$  не имеет значения. Разномасштабность определяют в горизонтальном направлении (вдоль маршрутов "восток-запад") и в вертикальном направлении (поперек маршрутов "юг-север"). Оценка разномасштабности: отлично - до 1%, хорошо - до 2%; удовлетворительно - до 3 %.

Разномасштабность АФСн (поперечная):

линия (4-5): снимок 1057.....  $l_1 = 65$  мм

снимок 1056.....  $l_2 = 66$  мм

$$\Delta m = \frac{l_1 - l_2}{l_1} 100\% = \frac{1 \cdot 100}{65} = 1.53\%$$

Линия (4-6): снимок 1057 .....  $l_1 = 155$  мм

снимок 1056 .....  $l_2 = 155$  мм

$$\Delta m = \frac{l_1 - l_2}{l_1} 100\% = \frac{155 - 155}{155} * 100 = 0\%$$

### **Определение среднего горизонтального масштаба АФСн и средней высоты фотографирования**

Наклон АФСн и рельеф местности влияют на положение точек земной поверхности на АФСн. Это отражается на масштабе АФСн – в разных направлениях он будет разным (за исключением горизонталей, проходящих через точку нулевых искажений).

Поэтому при работе с АФСн определяют их средний масштаб. Для этого на топографической карте (на местности) и на АФСн опознают 4 идентичные точки. Их желательно выбирать на АФСн в диаметрально противоположных его углах. Линии, соединяющие эти точки попарно, должны проходить как можно ближе к главной точке АФСн (не далее 2-3 см). Длина частей этих линии должна быть примерно одинаковой по обе стороны от главной точки АФСн. Допустимое отклонение в длинах отрезков не более 2-3 см (рис.4.1).

Опознав на топокарте (а,в,с,д) выбранные на АФСн точки (А,В,С,Д), измеряют расстояния между ними, соответственно на АФСн и топокарте, с помощью измерителя и масштабной линейки с погрешностью не более  $\pm 0,2$  мм.

Масштаб АФСн определится как отношение длины этих линии на АФСн к их длине на топокарте с учетом ее масштаба:

$$\frac{1}{m_{сн}} = \frac{l_{сн}}{l_k m_k}; \quad \frac{1}{m_1} = \frac{AC}{ac m_k}; \quad \frac{1}{m_2} = \frac{BD}{bd m_k},$$

где  $l_{сн}$  - длина отрезков на АФСн (АС,ВД);

$l_k$  - длина этих же отрезков на топокарте (ac,bd);

$m_k$  - знаменатель масштаба карты.

Знаменатель среднего масштаба АФСн определится по среднему значению знаменателей масштабов АФСн:  $m_{ср} = (m_1 + m_2)/2$ . Отсюда средний масштаб АФСн

$$m_{ср} = (m_1 + m_2)/2$$

Отсюда средний масштаб АФСн

$$\frac{l}{m_{ср}} = 1: \left( \frac{m_1 + m_2}{2} \right) = \frac{2}{m_1 + m_2}$$

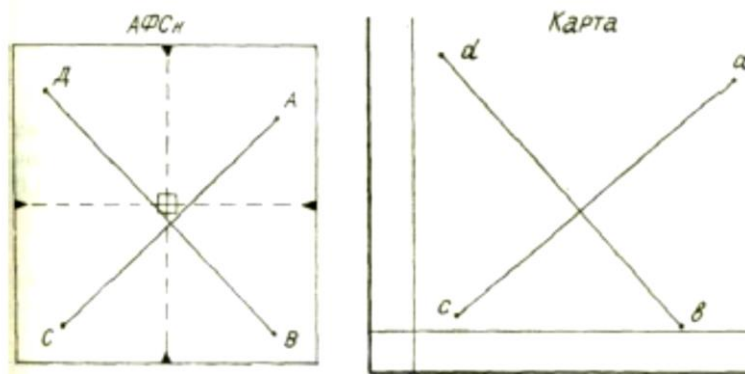


Рис. 4.1. Определение среднего масштаба по длине отрезка

Отклонение частных значений знаменателей масштабов АФСн не должно превышать:

$$\Delta m_{\text{доп}} \leq \frac{2m_k}{1_{\text{ср.сн.}}} = \frac{4m_k}{AC + BD},$$

$$\text{где } 1_{\text{ср.сн.}} = \frac{AC + BD}{2} = \frac{1_{1\text{сн.}} + 1_{2\text{сн.}}}{2}.$$

Среднюю высоту фотографирования в метрах определяют по формуле:

$$H_{\text{ср}} = f \cdot \frac{l_k \cdot m_k}{l_{\text{сн}}} \text{ или } H_{\text{ср}} = f \cdot m_{\text{ср}}$$

где  $f$  - фокусное расстояние АФА, мм;

$m_{\text{ср}}$  - среднее значение знаменателя масштаба АФСн.

Вычисления выполняются на специальном бланке.

**Пример:** Определение среднего горизонтального масштаба АФСн и высоты фотографирования

**Исходные данные:** (Рис. 4.2.)

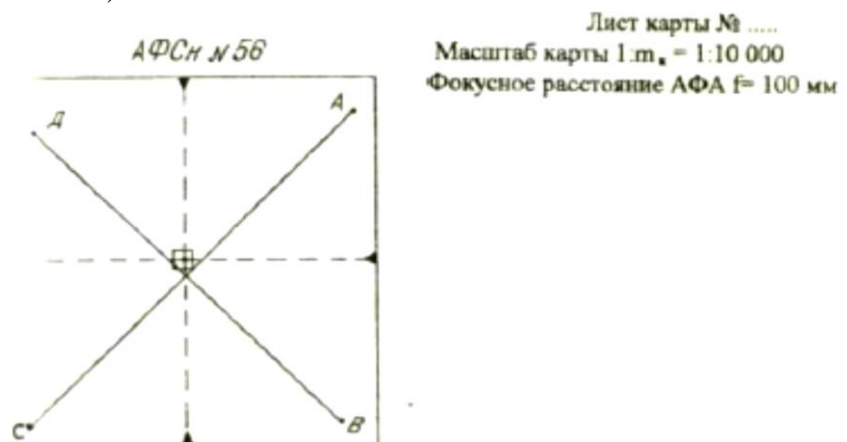


Рис. 4.2. Аэрофотоснимок №56

### Измеренные длины отрезков

*На АФСн*

$$AC=L_{1сн}=144 \text{ мм};$$

$$BD=L_{2сн}=134 \text{ мм};$$

$$\text{Масштаб АФСн } \frac{L}{m_{сн}} = \frac{L_{сн}}{L_{к}m_{к}}; \text{ знаменатель масштаба АФСн } m_{сн}=m_{к} \frac{L_{к}}{L_{сн}}$$

$$m_1=13264; m_2=13284; \Delta m = m_2 - m_1=20; \Delta m_{доп} = \frac{2m_{к}}{L_{ср}} = \frac{4m_{к}}{L_1+L_2} = 143;$$

$$m_{ср} = \frac{m_1 + m_2}{2} = 13274; \frac{1}{m_{ср}} = \frac{1}{13274}$$

### Высота фотографирования

$$H_{ср}=f \cdot m_{ср}=100 \text{ мм} \cdot 13274=1327,4 \text{ м}$$

### **Определение горизонтального масштаба АФСн по соотношению длины линий на снимке и на местности**

Подбирают 2 хорошо заметные точки на АФСн, измеряют расстояние между ними ( $l_{сн}$ ) с точностью до 0,01 см. Затем опознают эти же точки на местности и тоже измеряют расстояние ( $L$ ) между ними. Масштаб АФСн равен:

$$\frac{l}{m_{сн}} = \frac{l_{сн}}{L_M} = \frac{l_{сн}}{l_{к} * m_{к}}$$

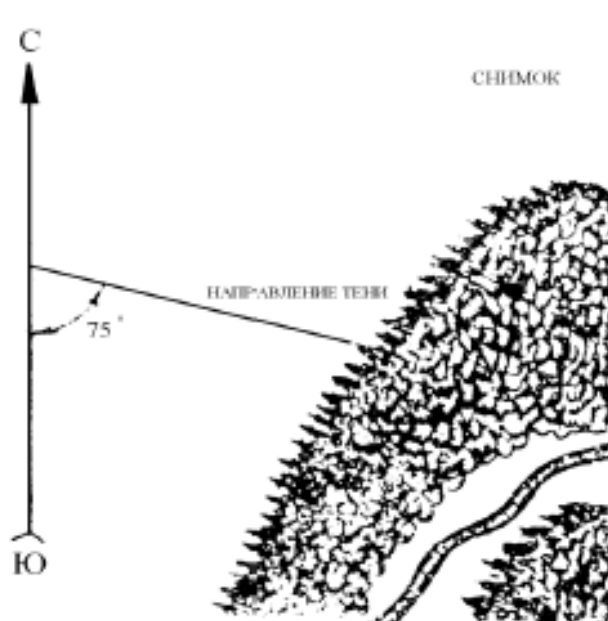
### **Определение времени дня аэрофотосъемки**

**Цель работы:** научиться определять по падающей тени времени дня аэрофотосъемки.

Для выполнения работы каждому студенту выдаются:

- 1) конверт с аэроснимками, топографическая карта или план;
- 2) линейка и транспортир.

**Задание.** На снимке выбирается наиболее заметная тень от дерева. Вдоль нее проводится прямая линия до пересечения с линией С–Ю. Измеряется угол, образовавшийся между направлением меридиана на юг и линией падающей тени с точностью до минуты (рис.4.3.).



*Рис.4.3. Определение времени дня аэрофотосъемки*

Далее, исходя из того, что Солнце перемещается в час по небосводу на угол равный  $3600:24 = 15^\circ$ , измеренную величину делят на  $15^\circ$ .

Солнце в 12 часов дня находится в зените, соответственно, направление падающих теней совпадет с линией С-Ю. Поэтому полученное значение вычитают из 12 часов, если тени направлены на северо-запад, или прибавляют, если они направлены на северо-восток.

***Контрольные вопросы:***

1. Что такое главный масштаб аэрофотоснимка?
2. Как изменяется масштаб аэрофотоснимка по его площади?
3. Как определить главный масштаб аэрофотоснимка по высоте съемки и фокусному расстоянию?
4. Как определить масштаб аэрофотоснимка по известному размеру предмета?
5. Как определить масштаб аэрофотоснимка по карте?



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 (2 часа)

### Определение масштаба аэроснимков

**Цель работы:** Научиться определять масштаб аэроснимков различными методами.

**Задание 1:** Преподаватель выдает студентам разные аэроснимки местности. Они знакомятся и определяют следующее:

1. масштаб аэрофотоснимка непосредственным измерением длин отрезков на местности и аэрофотоснимке.
2. масштаб аэрофотоснимка по известному размеру предмета.
3. масштаб аэрофотоснимка по карте.

#### **Методические рекомендации к выполнению задания**

1. Необходимо измерить на местности по прямой линии расстояние между двумя местными предметами, которые четко опознаются на аэроснимке (перекрестки дорог, мосты на дороге, перекрестки улиц в населенном пункте, просеки в лесу и т. п.). Измерив расстояние между этими же предметами на аэроснимке и разделив его на измеренную длину линии на местности, получим масштаб аэрофотоснимка.
2. На аэроснимке находим объект, длина которого нам известна. Масштаб аэрофотоснимка будет равен отношению длины моста на снимке к указанному на карте.
3. Измеряем длину линии на аэрофотоснимке и на карте между двумя одинаковыми точками. Зная масштаб карты, определяем расстояние между этими точками на местности. Находим масштаб аэрофотоснимка как соотношение длины линии на аэрофотоснимке (в сантиметрах) и длины линии на местности (в сантиметрах).
4. Масштаб АФС может быть найден как отношение фокусного расстояния аэрофотоаппарата к высоте полета.
5. Решить задачи:
  1. Определить масштаб аэрофотосъемки, если  $f_k=70$  мм, а высота фотографирования 4000м.
  2. Определить высоту фотографирования, если масштаб аэрофотоснимков 1:17000, а  $f_k=200$  мм
  3. Аэрофотоаппаратом при  $f_k=100$  мм получены аэрофотоснимки масштаба 1:35000. Какой получится масштаб аэроснимков при съемке с той же высоты аэрофотоаппаратом при  $f_k=200$  мм
  4. С каких высот надо производить аэросъемку, чтобы получить масштаб аэроснимков 1:48000 при  $f_k=70$  мм и  $f_k=100$  мм

## **Программные продукты для обработки материалов ДЗЗ**

**Задание 2.** Рассмотреть современные программные продукты для обработки материалов дистанционного зондирования (ERDAS IMAGINE 8.2, ER Mapper 6.0, ENVI 4.2, PHOTOMOD).

### **Вопросы для повторения по теме:**

1. Место дистанционного зондирования в системе наук.
2. Структура дистанционного зондирования, его взаимосвязи с фотограмметрией, картографией, геоинформатикой и ландшафтоведением.
3. Обзор рынка космических данных дистанционного зондирования Земли. Системы дистанционного зондирования Земли со свободно распространяемыми данными: METEOSAT, GOES, GMS, MODIS.
4. Снимки высокого пространственного разрешения с коммерческих систем дистанционного зондирования Земли.
5. Снимки сверхвысокого пространственного разрешения с коммерческих систем дистанционного зондирования Земли.
7. Практическая применимость данных дистанционного зондирования Земли.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 (8 часа)**

### **Определение превышений точек трассы и уклонов линий простейшими способами. Оценка точности**

**Цель занятия:** Ознакомиться с методикой определения превышений точек простейшими фотограмметрическими способами. Вычислить превышения точек местности. Определить идентичные превышения точек местности по карте. Произвести оценку точности результатов. Дать заключение о точности результатов. Определение превышений по разностям продольных параллаксов.

#### **Тематика занятия**

Перед выполнением летно-съёмочных работ на местности создается геодезическая основа АФС. Плановое положение контурных точек афс определяют в камеральных условиях фототриангуляцией. На местности во время полевых наземных геодезических работ определяют координаты соответствующего числа точек местности, необходимого для создания фототриангуляции.

Опознавательный знак (опознак) – контурная точка афс, координаты которой определены на местности в результате привязки а пунктам ГГС.

Местоположение опознаков тщательно определяют и накладывают на афс. На обороте афс составляется абрис – не более 0,1 мм – графической точности. Высотный опознак хорошо опознаваемые на афс контурная точка с известной отметкой. На местности плановые и высотные знаки совмещают. Высотную привязку опознаков осуществляют к пунктам ГНС или к трассе сооружения методами геометрического или тригонометрического нивелирования.

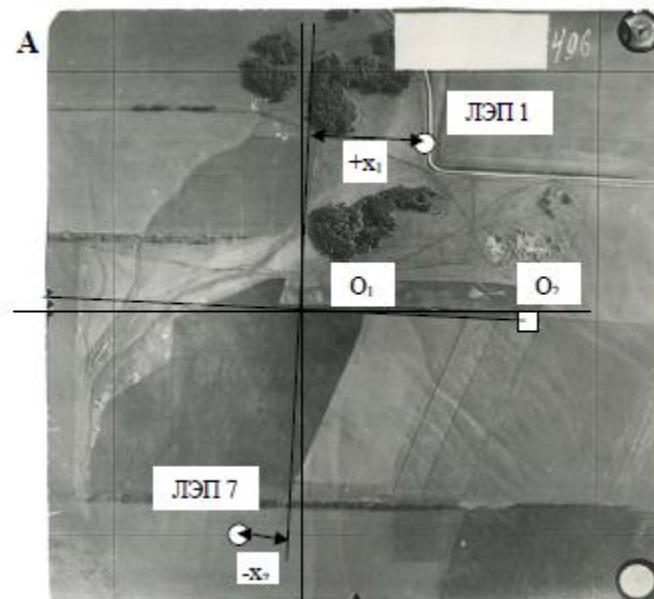
### ***Исходные данные***

1. Топографическая карта этой же местности.
2. Значения параметров аэросъёмки: калиброванное значение фокусного расстояния аэрофотоаппарата  $f_k = 70,000$  и базис фотографирования по данным спутниковых определений  $B = 837,31$  м.
3. Масштабная линейка и измеритель для определения абсцисс точек трассы на левом и правом снимках стереопары.

**Задача I.** Определить превышения точек трассы относительно опорной точки по известной формуле  $h_i = H_{on} \cdot \Delta p_i / (b_{on} + \Delta p_i)$ . Опорную точку указывает преподаватель индивидуально для каждого студента (рис. 6.1.)

### ***Методические указания к выполнению работы***

- 1.1 Определить по координатным меткам положение главных точек, взаимно опознать их (визуально или стереоскопически) и оформить квадратами



*Рис. 6.1. Координатная метка аэрофотоснимка*

Построить систему координат на левом и правом снимках по начальным направлениям, развернув систему координат каждого снимка (построенную по координатным меткам) на угол отклонения начальных направлений от оси абсцисс (см. фоторис. 6.2. А).

1.2 Выбрать на аэрофотоснимках трассу с помощью топографической карты

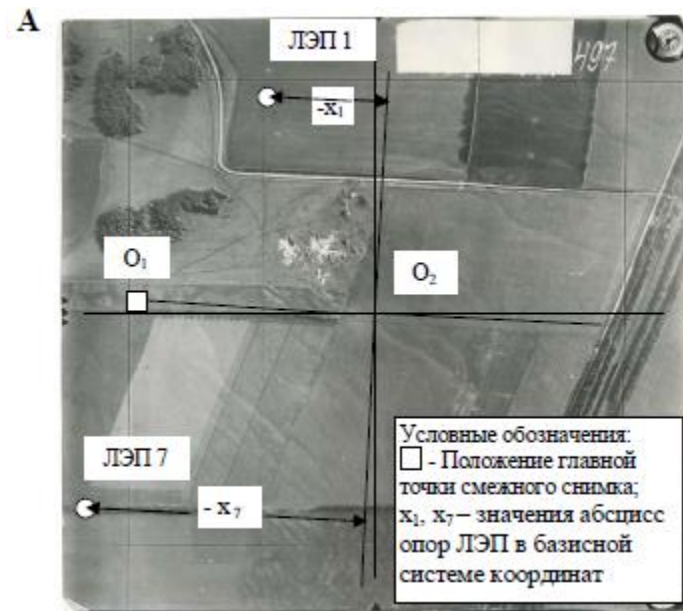


Рис. 6.2. А. Фоторисунок с положением главной точки смежного снимка

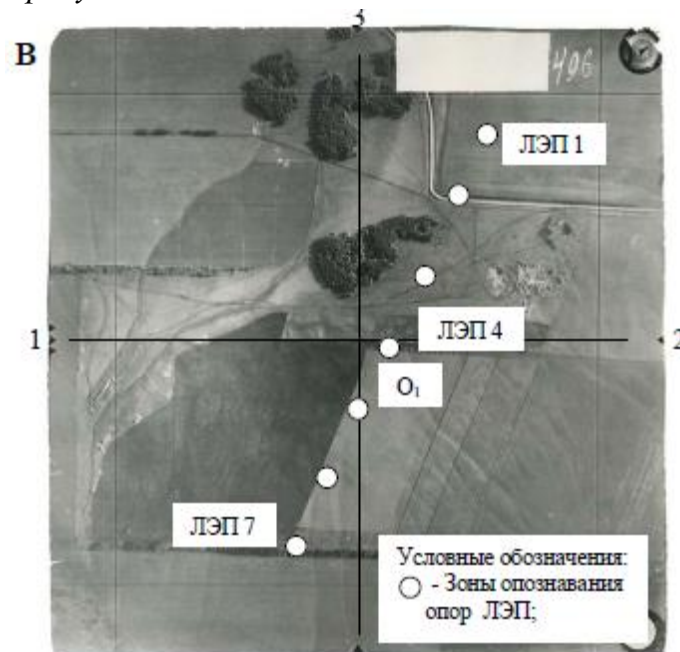


Рис. 6.2. В. Фоторисунок с зонами опознавания

М:10000 той же местности из 7-10 поворотных точек (контурных, см. фоторис. 6.2. В).

1.3 Отождествить точки трассы на снимках и топографической карте с графической точностью ( $d = 0,1\text{мм}$ ), пронумеровать и подписать высотные отметки, снятые с топографической карты (данные записать в графу 1, 2 журнала).

1.4 Измерить координаты (абсциссы) определяемых точек при помощи масштабной линейки и измерителя (фоторис. 6.2.А, 6.2. В). Для измерения абсцисс точек трассы уложить измеритель на левый аэрофотоснимок так, чтобы измеряемая линия координаты была параллельна начальному направлению (линии, соединяющей главные точки), а концы измерителя находились соответственно на точке трассы и оси ординат. Затем, по масштабной линейке определить абсциссу данной точки трассы с точностью до  $0,1\text{ мм}$ . (измеренное значение  $x_{л}$  записать в журнал (графа 3 таблица 6.1).

1.5 Аналогичным образом измерить абсциссы  $x_{п}$  на правом аэроснимке и записать в журнал (графа 4 таблица 6.1.).

1.6 Продольный параллакс вычислить по формуле (6.1)

$$P_x = x_{л} - x_{п} \quad (6.1)$$

и записать полученное значение в журнал (графа 5).

1.7 Подобные измерения и вычисления выполнить для всех точек трассы.

1.8 Приняв одну из точек трассы за опорную (даётся преподавателем) определить относительно неё разности продольных параллаксов (формула 6.2). В данном примере за опорную принята 3 опора ЛЭП.

$$\Delta p_i = P_{xi} - P_{xon} \quad (6.2)$$

Полученные значения заносятся в графу 6.

1.9 Определить превышения всех точек трассы относительно опорной по формуле (6.3) и записать в графу 7 журнала

$$h_i = H_{on} \cdot \Delta p_i / (b_{on} + \Delta p_i), \quad (6.3)$$

где  $h_i$  – превышение между искомой точки трассы и опорной;

$H_{on}$  – высота фотографирования над опорной точкой, которая определяется как разность между абсолютной высотой фотографирования и высотной отметкой опорной точки по формуле:  $H_{on} = H_{ABC} - A_{on}$

$b_{on}$  – базис фотографирования в масштабе опорной точки получить по формуле (6.4):

$$b_{on} = B/m_{on} = B / (H_{on} / fk), \quad (6.4)$$

где  $m_{on}$  – знаменатель масштаба для опорной точки;

$B$  – значение базиса фотографирования данной стереопара снимков.

1.10 Определить превышения  $h_i$  всех точек трассы относительно опорной по отметкам  $A_{ik}$  снятым с карты по формуле (6.5)

$$h_{ik} = A_{ik} - A_{on}. \quad (6.5)$$

Результаты занести в графу 9 журнала.

1.11 Определить отметки  $A_i$  по превышениям  $h_i$ , полученным фотограмметрическим путём по формуле (6.6). Результаты занести в столбец 8.

$$A_i = A_{on} + h_i \quad (6.6)$$

1.12 Определить погрешности  $\Delta h$  в превышениях, полученных фотограмметрическим методом относительно превышений, полученных по карте.

$$\Delta h = h_i - h_{ik} \quad (6.7)$$

Результаты занести в графу 10 журнала.

1.13 Выполнить оценку точности полученных результатов по формуле (8)

Гаусса, принимая за истину превышения, полученные по карте

$$m_h = (\sum \Delta h^2 / n)^{1/2} \quad (6.8)$$

Таблица 6.1.

Журнал измерений и вычисления превышений точек стереопара 496-497  $H_{ABC} = 1017,3$  м  $f_k = 70,00$  мм  $B = 837,31$  м.

$\frac{№№}{n/n}$	$A_{ik}$ м	$x_l$ мм	$x_n$ мм	$P_i$ мм	$\Delta p_i$ мм	$n h_i$ м	$A_i$ м	$h_{ik}$ м	$\Delta h$ м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	159,9	+36,8	-29,4	66,2	0	0	160,0	-0,1	+0,1
2	161,3	+28,2	-38,2	66,4	+0,2	+2,5	162,5	+1,3	+1,2
3	160,0	+18,6	-47,6	66,2	-	-	160,0	-	
4	158,2	+9,0	-57,0	66,0	-0,2	-2,5	157,5	-1,8	-0,7
5	157,8	+0,5	-65,3	65,8	-0,4	-5,0	155,0	-2,2	-2,8
6	149,4	-8,2	-73,6	65,4	-0,8	-10,2	149,8	-10,6	+0,4
7	138,7	-17,6	-82,0	64,4	-1,8	-23,2	136,8	-21,3	-1,9

$$\sum \Delta h^2 = 13,55$$

$$m_h = (\sum \Delta h^2 / n)^{1/2} = (13,55/6)^{1/2} = 1,5 \text{ м}$$

**Задача II.** Определить уклоны линий трассы между опорами ЛЭП.

### Методические рекомендации к выполнению работы

2.1 Вычислить средние отметки каждой линии по формуле (6.9), результаты занести в столбец 2 таблица 6.2.

$$A_{cp} = (A_i + A_{i+1})/2 \quad (6.9)$$

2.2 Определить среднюю высоту фотографирования над каждой линией по формуле (6.10), результаты занести в столбец 3 таблица 6.2.

$$H_{cp} = H_{ABC} - A_{cp} \quad (6.10)$$

2.3 Определить знаменатель среднего масштаба для каждой линии трассы по формуле (6.11), данные занести в столбец 4 таблица 6.2.

$$m_{cp} = H_{cp} / f_k \quad (6.11)$$

2.4 Измерить на снимке № 496 все линии  $l_{сн}$  трассы между ЛЭП и для контроля суммарную линию между первой и седьмой ЛЭП. Данные занести в столбец 5 таблица 6.2. и вычислить сумму всех линий трассы и сравнить с контрольной линией 1-7, которую измерить независимо.

2.5 Вычислить значения линий  $L_i$  на местности по формуле (6.12). Результаты занести в столбец 6 таблица 6.2.

$$L_i = l_{снi} \cdot m_{срi} , \quad (6.12)$$

где  $L_i$  – Расстояние между смежными опорами ЛЭП на местности.

2.6 Вычислить высоту фотографирования  $H_{on} = H_{АБС} - A_i$  и базис фотографирования в масштабе  $i$  точки линии трассы по формуле (6.13). Результаты занести соответственно в столбцы 7 и 8 таблица 6.2.

$$b_{on} = B \cdot f_k / (H_{АБС} - A_i) , \quad (6.13)$$

где  $A_i$  - Отметка начальной точки данной линии, которая берётся из столбца 8 таблица 6.2.

2.7 Вычислить разность продольных параллаксов  $\Delta p_i$  по формуле (6.14). Параллаксы точек концов данной линии трасы взять из столбца 8 таблица 6.2. Результаты занести в столбец 9 таблицы 6.2.

$$\Delta p_i = P_{Xi+1} - P_{Xi} \quad (6.14)$$

2.8 Вычислить превышения  $h_i = H_{on} \cdot \Delta p_i / (b_{on} + \Delta p_i)$  на каждой линии трассы по формуле (6.3). Результаты занести в столбец 10 таблицы 6.2.

2.9 Вычислить уклоны линий по формуле (6.15). Исходные данные взять из столбцов 6 и 10.

$$i = h_i / L_i \quad (6.15)$$

Журнал определения уклонов трасы

Таблица 6.2.

$H_{АБС} = 1017,3$  м;  $f_k = 70,00$ мм;  $B = 837,31$  м

№№ концов линий	$A_{cp}$ м	$H_{cp}$ м	$m_{cp}$	$l_{снi}$ мм	$L_i$ м	$H_{on}$ м	$b_{on}$ мм	$\Delta p_i$ мм	$h_i$ м	Уклон
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	161,2	856,1	12230	19,5	238,5	857,3	68,4	+0,2	+2,5	+0,010
2-3	161,2	856,1	12230	22,2	271,5	854,8	68,4	-0,2	-2,5	-0,009
3-4	158,8	858,5	12264	22,5	275,9	857,3	68,3	-0,2	-2,5	-0,009
4-5	156,2	861,1	12301	20,2	248,5	859,8	68,1	-0,2	-2,5	-0,010
5-6	152,4	864,9	12356	20,3	250,8	862,3	67,7	-0,4	-5,1	-0,020
6-7	143,3	874,0	12486	22,0	274,7	867,5	67,0	-1,0	-13,1	-0,048
			$\Sigma = 126,7$							

### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется опознаком?
2. Какими способами осуществляется плановая привязка опознаков?
3. Какими методами выполняют высотную привязку опознаков?
4. Перечислите линейные и угловые элементы внешнего ориентирования?
5. Каким образом осуществляется внешнее ориентирование стереомодели?

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

#### ***а) основная литература***

1. Сухих В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: Учебник. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. -392с
2. Борщ-Компанец В.И. Геодезия, основы аэрофотосъемки и маркшейдерского дела. М, Недра, 1984, 448 с.
3. Шилов П.И., Федоров В.И. Инженерная геодезия и аэрогеодезия. М., Недра, 1971. – 324 с.

#### ***б) дополнительная литература***

4. Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных ДЗЗ: учебное пособие / О.С. Токарева. – Томск, 2010. – 148с.
5. Г.Т. Бастаева, А.П. Несват, С.Н. Литвинов, О.А. Лявданская «Методы аэрокосмических исследований» : курс лекций / Г.Т. Бастаева, А.П. Несват, С.Н. Литвинов, О.А. Лявданская. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013. – 74 с.
6. Методические указания к практическим работам по предмету «ОСНОВЫ АЭРОГЕОДЕЗИИ» /Сост.: Р.В. Зотов. – Омск:СибАДИ, 2011. – 29 с.
7. Севко О.А. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве.–Мн.: БГТУ, 2005.–170 с
8. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М., ФГУП «Картгеоцентр», 2004. – 286 с.

#### ***в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы***

- 9.<http://geocnt.geonet.ru/ru/geodraw> - сайт Центра геоинформационных исследований. GeoDraw.
- 10.<http://lib.ulsu.ru/> - Научная библиотека Ульяновского государственного университета
11. <http://sci-lib.com/> - Большая научная библиотека.
12. <http://www.elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека
- 13.<http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно - библиотечная система IPRbooks



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Практическая работа №1</b> Расчет основных параметров аэрофотосъемки. Составление накидного монтажа. Оценка качества летно-съемочных работ.....	<b>4</b>
<b>2. Практическая работа №2.</b> Определение рабочей и полезной площади аэроснимка.....	<b>8</b>
<b>3. Практическая работа №3.</b> Расчет плановой аэрофотосъемки участка местности.....	<b>11</b>
<b>4. Практическая работа №4.</b> Определение горизонтальных масштабов АФСн и высоты фотографирования .....	<b>17</b>
<b>5. Практическая работа №5.</b> Определение масштаба аэроснимков и программные продукты для обработки материалов ДЗЗ.....	<b>24</b>
<b>6. Практическая работа №6.</b> Определение превышений точек трассы и уклонов линий простейшими способами. Оценка точности.....	<b>25</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>32</b>

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Объем 2,25 п.л. уч.-изд.л.  
Печать офсетная. Тираж 50 экз.

---

Отпечатано в типографии И.П. «Аязбеков Алмазбек»  
г. Бишкек, пр. Чуй, 215.  
тел.:(+996 554) 74-74-67



