

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

М. Ф. Карлович

## ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ

Пособие

для выполнения лабораторных работ  
для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области горнодобывающей промышленности*

Минск  
БНТУ  
2020

УДК 528.77  
ББК 26.12  
К23

Рецензенты:

зав. кафедрой геодезии и картографии геодезического факультета БГУ,  
канд. геод. наук, доцент *А. П. Романкевич*;  
ведущий геодезист ОП и ТЭР государственного  
предприятия «Белгеодезия» *И. В. Палий*

**Карлович, М. Ф.**

К23 Дешифрирование аэроснимков : пособие для выполнения лабораторных работ для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия» / М. Ф. Карлович. – Минск : БНТУ, 2020. – 49 с.  
ISBN 978-985-550-985-2.

В пособии представлены задания к лабораторным работам, приведены необходимые указания для их выполнения, содержание и порядок оформления отчетов.

Выполнение лабораторных работ требует комплексного подхода и предполагает знание основ геодезии и фотограмметрии, наличие навыков работы с топографическими картами.

УДК 528.77  
ББК 26.12

ISBN 978-985-550-985-2

© Карлович М. Ф., 2020  
© Белорусский национальный  
технический университет, 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
Лабораторная работа № 1	
Привязка к карте, определение масштаба и высоты фотографирования аэроснимков .....	5
Лабораторная работа № 2	
Стереоскопическое наблюдение аэроснимков, определение их типов .....	11
Лабораторная работа № 3	
Изучение дешифровочных признаков объектов на аэроснимках .....	19
Лабораторная работа № 4	
Выбор параметров аэрофотосъемки для цели дешифрирования. Определение базиса фотографирования приближенных значений углов наклона аэроснимка .....	32
Лабораторная работа № 5	
Определение характеристик объектов по аэроснимкам (размеров, высоты объекта и расстояний) .....	39
Лабораторная работа № 6	
Камеральное топографическое дешифрирование аэроснимков разных масштабов .....	44
Библиографический список .....	49

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое и повсеместное внедрение дистанционных методов при исследовании окружающей среды ставит задачи по совершенствованию методики дешифрирования – важнейшей составной части сложного технологического процесса разработки и составления карт. Дешифрирование снимков представляет собой метод определения границ и истинного значения изучаемых предметов, явлений и процессов земной поверхности по их изображению и внешнему отражению путем полевого и камерального изучения зависимости между внешними и внутренними элементами географического (топографического) комплекса.

В настоящее время аэрофотосъемка является основным методом получения информации о топографических объектах земной поверхности.

Основной объем работ при создании крупномасштабных топографических карт ложится на обработку аэрофотоснимков местности, при этом процесс дешифрирования занимает более 25 % всего объема составительских работ.

Аэрокосмический снимок – это прежде всего информационная модель изучаемого объекта или явления. Аналоговые и цифровые аэрокосмические снимки имеют десятки разновидностей, несут разнообразную информацию о топографических объектах и их взаимосвязях, пространственном распределении, состоянии, изменении во времени.

Очевидно, что успешное решение задач дешифрирования во многом зависит от подготовленности инженерно-технических работников. Поэтому каждый геодезист обязан уметь подбирать аэроснимки в зависимости от решаемых задач и иметь навыки работы с ними.

Настоящее пособие позволит углубить и закрепить теоретические знания студентов, выработать навыки самостоятельной работы с материалами аэрокосмических съемок.

## Лабораторная работа № 1

### ПРИВЯЗКА К КАРТЕ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА И ВЫСОТЫ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ

**Материалы для выполнения работы:** аэроснимок и топографическая карта, измеритель, линейка, поперечный масштаб, карандаш.

**Задание:** выполнить привязку аэроснимка к карте, определить масштаб и высоту фотографирования аэроснимка.

Привязка аэроснимков к карте заключается в отождествлении объектов местности, изображенных на карте и аэроснимках, и в определении (отображении) на карте границ сфотографированного участка.

Для этого на листе топографической карты определяются границы местоположения территории, изображенной на аэроснимке. В качестве пунктов привязки используются, как правило, различные линейные объекты (дороги различного характера, мелиоративные каналы, объекты гидрографии), населенные пункты и другие объекты местности.

Масштаб планового аэроснимка выражается отношением длины линейного отрезка на аэроснимке к длине того же отрезка на местности (рис. 1).

Положим, что  $CB$  – некоторый линейный отрезок на местности,  $S$  – объектив АФА и  $P$  – плоскость аэроснимка. При фотографировании линия  $CB = L$  на местности изобразится отрезком  $cb = l$  на аэроснимке. Из этого следует, что

$$\frac{1}{L} = \frac{f}{H}.$$

Отсюда масштаб аэроснимка будет равен

$$\frac{1}{m} = \frac{l}{L} = \frac{f}{H},$$

где  $m$  – знаменатель масштаба.

Из этой формулы вытекают два способа определения масштаба планового аэроснимка:

- а) по карте;
- б) по фокусному расстоянию АФА и высоте фотографирования.

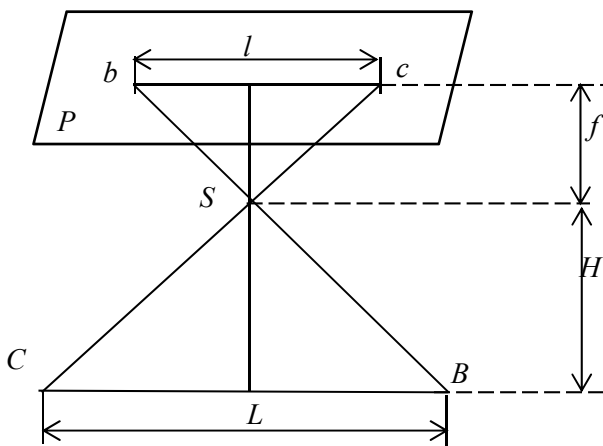


Рис. 1. Определение масштаба планового аэроснимка

### Первый способ.

Выбирают на аэроснимке две резко выраженные контурные точки (угол леса, перекресток дорог и т. п.), изображение которых имеется также на карте. При этом руководствуются следующим: отрезок прямой, соединяющей эти точки, должен проходить возможно ближе к центру аэроснимка, длина его должна быть возможно большей (не менее 5 см), а взаимное превышение выбранных точек – как можно меньше. Затем измеряют на аэроснимке длину этого отрезка и по карте опреде-

ляют длину соответствующего ему отрезка на местности. Разделив длину линии на местности, измеренную по карте, на длину соответствующего ей отрезка на аэроснимке, получают знаменатель численного масштаба.

Для большей точности и контроля следует определять масштаб аэроснимка дважды, по двум взаимно пересекающимся линиям. Среднее значение масштаба, полученное из двух определений, записывают на рабочий лист, представляемый для проверки преподавателю.

### **Второй способ.**

Зная величину фокусного расстояния АФА ( $f$ ) и высоту фотографирования  $H$ , по формуле получают знаменатель масштаба:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H}.$$

Из формулы видно, что масштаб аэроснимка зависит от отношения величины фокусного расстояния аэрофотоаппарата  $f$  к высоте фотографирования  $H$ .

$$\text{Например, при } f = 100 \text{ мм, } H = 1000 \text{ м, } \frac{1}{m} = \frac{1}{10000};$$

$$f = 200 \text{ мм, } H = 2000 \text{ м, } \frac{1}{m} = \frac{1}{10000};$$

$$f = 100 \text{ мм, } H = 2000 \text{ м, } \frac{1}{m} = \frac{1}{20000}.$$

Очевидно, что чем больше фокусное расстояние фотоаппарата, тем крупнее масштаб аэроснимка; чем больше высота фотографирования, тем мельче масштаб аэроснимка.

### *Определение высоты фотографирования аэроснимка*

Высота аэрофотосъемки всегда определяется как расстояние по отвесной линии от той или иной поверхности до объектива фотоаппарата на самолете в момент фотографирования

(рис. 2). Если это расстояние берется от уровня Балтийского моря, то оно называется абсолютной высотой  $H_0$ ; если от уровня аэродрома, то относительной высотой  $H_a$ ; если от средней высоты участка съемки, то высотой фотографирования  $H_\phi$ ; если от какой-либо конкретной точки поверхности земли, то – истинной высотой  $H_i$ .

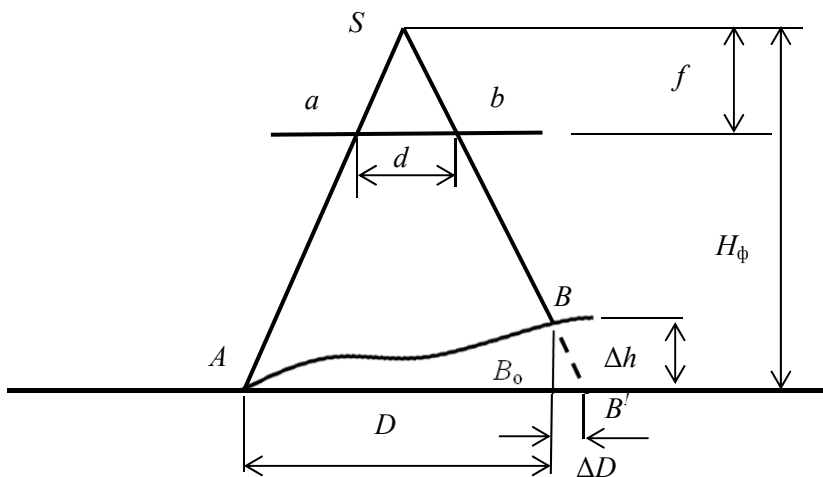


Рис. 2. Определение высоты фотографирования

Для расчета масштаба фотографирования берется высота фотографирования ( $H$ ), а для расчета исходных аэронавигационных величин – абсолютная высота ( $H_0$ ).

Для того чтобы определить высоту фотографирования аэроснимка необходимо иметь карту на этот участок местности и знать фокусное расстояние камеры аэрофотоаппарата. Выбираются две пары идентичных точек на аэроснимке и карте. По возможности эти точки должны располагаться как можно дальше друг от друга. Прямые соединяющие пары точек, должны проходить как можно ближе к главной точке снимка.



Определение высоты фотографирования осуществляется по формуле

$$H_{\phi} = (D + \Delta D)f/d,$$

где  $H_{\phi}$  – высота фотографирования;

$D$  – расстояние между парами точек на карте;

$\Delta D$  – поправка за рельеф ( $B_0B^1$ )

$$\Delta D = r/f \cdot \Delta h,$$

где  $r$  – расстояние от центральной точки до дальней из пары точек;

$f$  – фокусное расстояние;

$\Delta h$  – превышение ( $BB_0$ ) (определяется по карте);

$d$  – расстояние между парой точек на снимке ( $ab$ ).

Определение абсолютной высоты фотографирования осуществляется по формуле

$$H_{\text{абс}} = H_A + H_{\phi},$$

где  $H_A$  – высота точки  $A$ ;

$H_{\text{абс}}$  – абсолютная высота фотографирования над точкой  $A$ .

### **Порядок выполнения работы:**

1. Определить масштаб аэроснимка первым и вторым способами.

2. Для определения высоты фотографирования выбрать по две пары соответственных точек на аэроснимке и карте.

3. Определить расстояние между парами точек и их высоты по карте.

4. Используя вышеприведенные формулы определить относительную и абсолютную высоты фотографирования.

5. Полученные результаты занести в таблицу.

Пример заполнения таблицы по результатам вычислений:

Номера точек	<i>A</i> (6811-5) перекресток полевых дорог <i>B</i> (6910-8) угол леса	<i>C</i> (6710-4) мост <i>D</i> (6811-7) угол сада
$D_1, D_2$	2682	2039
$H_B, H_D$	172,8	117,5
$H_A, H_C$	162,1	156,8
$\Delta h_1, h_2$	10,7	-79,3
$r_1, r_2$	55,4	72,2
$d_1, d$	185,5	141,1
$\Delta D_1, \Delta D_2$	5	28
$D_1 + \Delta D_1$	2687	2011
$H_{\Phi 1}, H_{\Phi 2}$	2990	2940
$H_{abc1}, H_{abc2}$	3152	3136
$H_{\text{сред}}$	3144	

Высоту фотографирования можно определить путем умножения знаменателя численного масштаба аэроснимка на фокусное расстояние аэрофотоаппарата:

$$H = m f.$$

**Материалы, представляемые для проверки преподавателем:**

1. Ксерокопия аэроснимка с указанными точками.
2. Ксерокопия топографической карты с указанными точками.
3. Лист формата А4 с результатами измерений и вычислений.

## Лабораторная работа № 2

### СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ АЭРОСНИМКОВ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ТИПОВ

**Материалы для выполнения работы:** стереопара аэроснимков и топографическая карта на одну и ту же местность, линейка, измеритель, карандаш.

**Задание:** изучить стереоскопические свойства аэроснимка, вычислить превышения между точками местности по продольным параллаксам аэроснимка.

Лабораторная работа по стереоскопическому наблюдению аэроснимков выполняется на стереопаре с крупными выразительными формами рельефа. Аэроснимки накладываются один на другой перекрывающимися частями так, чтобы совпадали идентичные точки, а затем снимки раздвигают вдоль базиса на расстояние примерно 65 мм. При этом линия, соединяющая центры снимков (линия базиса), должна располагаться параллельно линии глазного базиса. При таком положении у студентов, рассматривающих стереопару аэроснимков, возникает стереоскопический эффект.

Стереоскопический эффект – получение объемного изображения сфотографированной местности. Он возможен лишь при наличии стереопары, то есть двух снимков одной и той же местности, полученных с двух точек фотографирования. Продольное перекрытие аэроснимков, не менее 50 %, обеспечивает стереоскопическое рассматривание любого объекта в пределах сфотографированного маршрута.

Стереоскопическое рассматривание аэроснимков позволяет более детально, чем при обычном рассматривании, вскрывать объемные формы рельефа, а также возвышающиеся местные предметы и различные объекты.

Стереоскоп – прибор, позволяющий по двум аэроснимкам, составляющим стереопару, получить объемное изображение

снятой местности. Обеспечивает разделение зрения левого и правого глаза, а также увеличение фотоизображения.

Из простых стереоскопов наиболее удобным и распространенным является складной линзово-зеркальный стереоскоп (ЛЗ) (рис. 3).

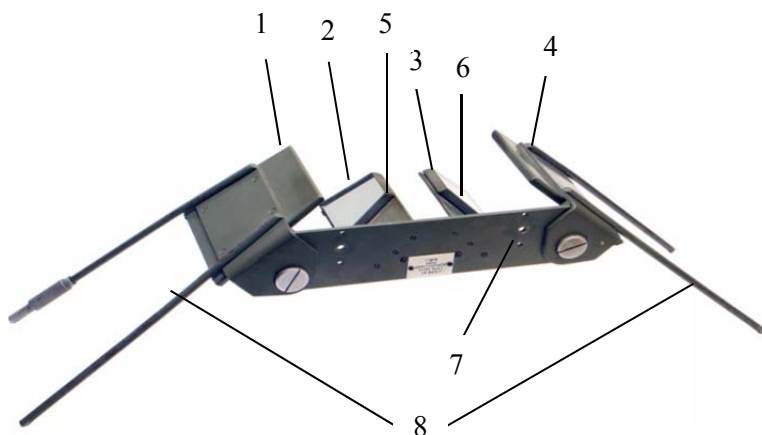


Рис. 3. Стереоскоп ЛЗ

Он состоит из четырех попарно параллельных зеркал *1* и *2*, *3* и *4*, двух линз *5* и *6*. Все эти части прикреплены к общей металлической пластине *7* перпендикулярно к ее плоскости. Внешние зеркала *1* и *4* вместе со своими ножками *8* могут вращаться на шарнирах, сохраняя перпендикулярность к пластине *7*. Поле зрения стереоскопа  $8 \times 8$  см, то есть примерно равно половине площади стереопары аэроснимков формата  $18 \times 18$  см. Увеличение стереоскопа, в зависимости от установленных линз, равно  $1,4-2,0$ . Если линзы убрать, то увеличение станет приблизительно равным единице, а поле зрения соответственно увеличится. Это бывает удобно, а иногда даже необходимо. Удаление линз избавляет стереомодель от искажений, вызываемых абберациями линз.

Для наблюдений стереоскоп ЛЗ устанавливают над парой аэроснимков так, чтобы его базис был параллелен прямой, соединяющей их центры. Начальные направления аэроснимков должны совпадать с этой прямой.

Для получения наилучшего стереоэффекта надо укладывать аэроснимки под стереоскопом так, чтобы направление изображений теней примерно совпадало с направлением лучей, освещающих аэроснимки.

Наблюдатели, носящие очки, не должны снимать их при работе со стереоскопом.

При рассматривании под стереоскопом аэроснимков, ориентированных соответствующим образом, дешифровщик видит пространственное или объемное изображение местности, которое называется *стереоскопической моделью*.

Первоначальное воссоздание стереоэффекта представляет некоторые трудности. Чтобы студенты могли быстрее освоить чувство стереоэффекта, рекомендуется на обоих аэроснимках примерно в центре перекрытия обвести красными кружками одинакового размера какой-либо объект. Когда в процессе перемещения аэрофотоснимков вдоль линии базиса оба кружка сольются в один, возникнет стереоэффект.

В зависимости от размещения снимков, стереоэффект может быть прямым, обратным или нулевым. **Прямой эффект (перекрывающиеся части заштрихованы)** возникает при рассматривании левым глазом левого снимка, а правым глазом – правого (рис. 4).

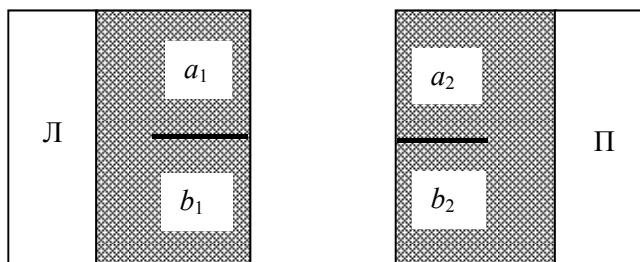


Рис. 4. Прямой стереоскопический эффект

**Обратный стереозффект** возникает в случае если снимки поменять местами, рассматривая левым глазом правый снимок, а правым – левый. При таком наблюдении физиологический параллакс меняет знак, возвышенности воспринимаются как понижения, и наоборот (рис. 5).



Рис. 5. Обратный стереоскопический эффект

Нулевой стереозффект возникает в случае, если снимки развернуты в своих плоскостях на  $90^\circ$ , и начальные направления перпендикулярны главному базису. При этом физиологический параллакс обращается в ноль, и наблюдатель видит плоскую картинку (рис. 6).

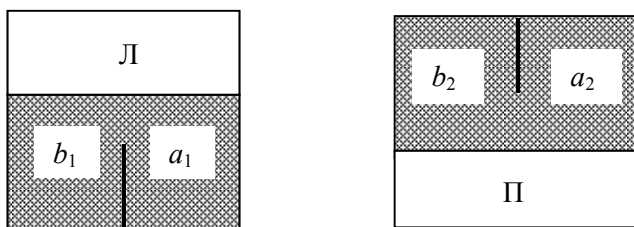


Рис. 6. Нулевой стереоскопический эффект

Стереоскопический эффект получается тем труднее и хуже, чем больше разность масштабов левого и правого изображений. При разности масштабов в 16 % и более стереоскопический эффект получить не удастся. Нарушение параллельности

базиса фотографирования и глазного базиса тоже ухудшает этот эффект.

Для определения положения точки на паре аэроснимков используется плоская прямоугольная система координат. За начало координат на каждом из снимков стереопары выбирается главная точка, за ось абсцисс – начальное направление, а за ось ординат – прямая, перпендикулярная к ней. Таким образом, осью абсцисс на паре аэроснимков является одна и та же прямая, а оси ординат взаимно параллельны. Положительным направлением отсчета оси абсцисс считается направление вправо от начала координат, а для оси ординат – вверх от начала координат. Поскольку каждая точка местности изображается на двух смежных снимках, то ее положение на стереопаре аэроснимков определяется двумя парами координат:  $X_{л}; Y_{л}; X_{п}; Y_{п}$ .

Определение превышений точек местности осуществляется посредством измерения на паре аэроснимков продольных параллаксов. Продольный параллакс есть разность абсцисс одной и той же точки на левом и правом снимке стереопары. Он вычисляется по формуле

$$P = X_{л} - X_{п}.$$

Если точки местности лежат в горизонтальной плоскости, то параллаксы для этих точек будут одинаковы.

В случае если точки расположены на разной высоте абсциссы их будут различны, а значит и параллаксы не одинаковы.

Следует отметить, что чем выше расположена точка на местности, тем больше для нее величина продольного параллакса на аэроснимках:

$$P_a = X_{a1} - X_{a2},$$

$$P_b = X_{b1} - X_{b2}.$$

Поэтому разность продольных параллаксов двух точек на паре аэроснимков зависит от превышений между точками на местности:

$$\Delta P = P_b - P_a.$$

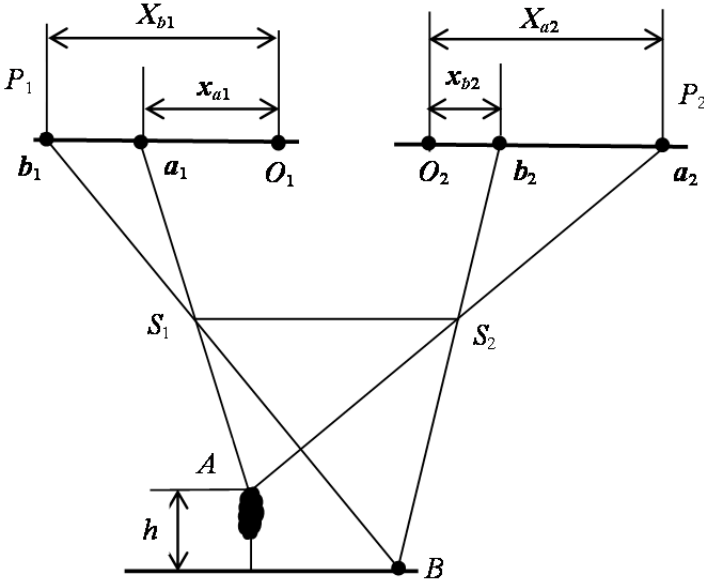


Рис. 7. Зависимость величины параллакса от превышения между точками

Превышение  $h$  точки  $A$  над точкой  $B$  определяют по формуле

$$h = \Delta P \frac{H_B}{P_a},$$

где  $H_B$  – высота фотографирования точки  $B$ ;

$\frac{H_B}{P_a}$  – параллактический коэффициент ( $k$ ).



Параллактический коэффициент является постоянным для данной пары. Поэтому превышение любой точки над точкой  $B$  в пределах стереопары вычисляют по формуле

$$h = k \Delta P.$$

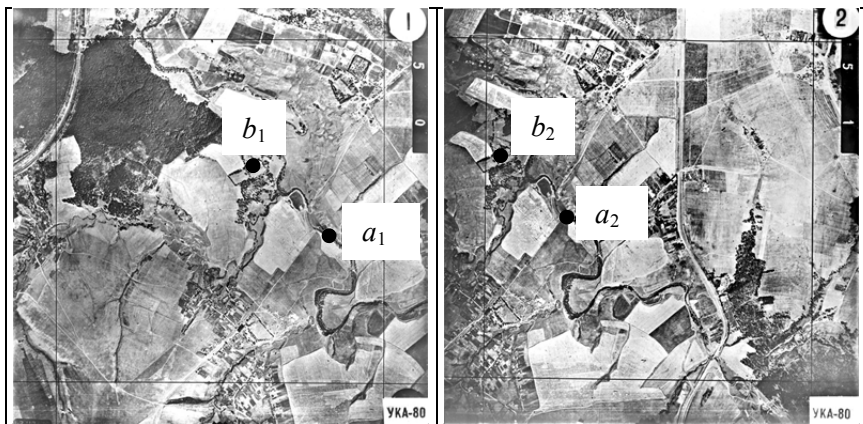


Рис. 8. Стереопара аэроснимков для определения превышения между точками

***Пример вычисления.***

В результате измерений на стереопаре получено:  $X_{Aл} = 14,3$  мм;  $X_{Aп} = -18,7$  мм;  $X_{Bл} = 9,2$  мм;  $X_{Bп} = -24,2$  мм. Высота фотографирования  $H = 1000$  м.

Используя приведенные выше формулы получим:

1. Продольный параллакс точки  $A$ :

$$P_a = X_{a1} - X_{a2} = 14,3 - (-18,7) = 33,0 \text{ мм.}$$

2. Продольный параллакс точки  $B$ :

$$P_b = X_{b1} - X_{b2} = 9,2 - (-24,2) = 33,4 \text{ мм.}$$

3. Разность продольных параллаксов:

$$\Delta P = P_b - P_a = 33,4 - 33,0 = 0,4 \text{ мм.}$$

4. Превышение точки  $A$  над точкой  $B$ :

$$h = \Delta P \frac{H_B}{P_a} = 0,4 \frac{1000}{33} = 12,1 \text{ м.}$$

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить стереоскопические свойства аэроснимков.
2. Анализируя фотоизображение аэроснимков ориентировать их по направлению маршрута съемки (продольное перекрытие) и направлению на север–юг.
3. С помощью измерителя и масштабной линейки измерить (в мм) абсциссы точек, обозначенных на аэроснимках, сначала на левом, а потом на правом аэроснимке.
4. Вычислить параллаксы точек местности по разности абсцисс одной и той же точки на левом и правом аэроснимках.
5. Вычислить превышения точек местности ( $h$ ), указанных в задании, по формуле.
6. Привязать аэроснимки к топографической карте и определить на ней положение точек, для которых вычислены превышения.
7. По подписям высот точек и горизонталей (обозначены на аэроснимках) определить абсолютные высоты точек на карте.
8. Определить превышение по абсолютным высотам точек на карте  $h_k$  и сравнить его с вычисленным по продольным параллаксам  $h_{\pi}$ .
9. Результаты вычислений представить в виде таблицы.

№ п/п	$X_{a1}$	$X_{a2}$	$X_{b1}$	$X_{b2}$	$P_a$	$P_b$	$\Delta P$	$h_{\pi}$	$H_A$ , высота точки на карте	$H_B$ , высота точки на карте	$h_k$ , определенное по карте
1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11

*Материалы представляемые для проверки преподавателем:*

1. Ксерокопия стереопары аэроснимков с указанными точками.
2. Ксерокопия топографической карты с указанными точками.
3. Лист формата А4 с результатами измерений и вычислений.

### Лабораторная работа № 3

## ИЗУЧЕНИЕ ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ НА АЭРОСНИМКАХ

**Материалы для выполнения работы:** аэроснимки, топографические карты, «Условные знаки для топографических карт масштаба 1 : 10 000», линейка, цветные карандаши, скрепки, калька.

**Задание:** изучить дешифровочные признаки топографических и социально-географических объектов и выполнить дешифрирование объектов по аэроснимку.

Дешифрирование аэроснимков основано на определении объектов по признакам, которые передаются фотоизображением. Эти признаки называются *демаскирующими*. Признаки же объектов в том виде, в каком они передаются аэроснимками, называются *дешифровочными*.

При дешифрировании аэроснимков объекты опознаются в первую очередь по свойствам, которые непосредственно передаются на аэроснимках и воспринимаются наблюдателем. Эти свойства называются *прямыми дешифровочными признаками*. К ним относятся форма, размер, тон (цвет) и тень изображения объектов.

**Форма изображения** является одним из существенных признаков, но одна не решает полностью вопроса дешифрирования. Так извилистой по форме линией может изображаться и речка, и проселочная дорога; ломаной линией с геометрически

правильными закруглениями в местах изломов изображается шоссе и канал; круглый контур может представлять собой бассейн, стог сена, силосную башню, цистерну или какое-либо другое сооружение. Следует заметить, что прямолинейные контуры являются, как правило, результатом деятельности человека, тогда как криволинейные – следствием действия сил природы.

Населенные пункты на аэрофотоснимках легко опознаются по изображению строений и улиц. На аэроснимке (рис. 9) представлено фотоизображение части крупного города.



Рис. 9. Фрагмент аэрофотоснимка крупного города

Отдельные дома имеют в плане вид прямоугольника или более сложной фигуры, составленной из прямоугольников. Здания примыкают друг к другу. Высота их может быть определена по изображению теней.

В небольших городах и поселках городского типа большая часть домов одно- и двухэтажные, около домов – участки с садами и огородами.

В поселках сельского типа жилые дома отличаются от хозяйственных построек своим местоположением относительно улицы. Хозяйственные постройки обычно располагаются позади жилого дома. Приусадебные участки состоят из садов и огородов. Признаком деятельности человека является наличие сильно вытопанных площадок у построек, а также троп, ведущих к колодцам, прудам, рекам и другим объектам.

**Размер изображения** уточняет сведения, даваемые формой объекта. Размеры изображения зависят от масштаба, а поэтому при дешифрировании знание масштаба необходимо. Для общего чтения аэроснимка бывает достаточно знать средний масштаб фотографирования всей аэросъемки, произведенной приблизительно в одинаковых условиях.

Многие объекты имеют одинаковую форму и размеры при разном их содержании (например, шоссе и канал, пашня и луг, речка и проселочная дорога). Поэтому необходимо использование и других, разделяющих эти контуры признаков. Одним из таких признаков является **тон изображения**.

В зависимости от спектральной отражательной способности различных элементов местности, типа примененного светофильтра цветочувствительности аэропленки изображения контуров отличаются одно от другого степенью почернения. Так сухие дороги изображаются почти белыми линиями, как и глинобитные и каменные заборы. Светло-серым тоном изображается обнаженная, сухая земля, освещенные части крыш строений, мосты и т. п. Водные пространства получают черного цвета и тем чернее, чем больше их глубина и темнее дно.

Но мутная вода получается серой и тем светлее, чем меньше ее прозрачность. В этом случае разность глубин фотографически не отображается. При косом освещении вода получается светлой и даже белой (блики). Почва получается тем чернее, чем больше ее влажность.

Для практического обучения дешифрированию элементов гидрографии могут быть использованы аэрофотоснимок № 4 и учебная карта масштаба 1 : 25 000 (рис. 10). Масштаб аэро- снимка 1 : 24 000. Время аэрофотосъемки – август, полдень.

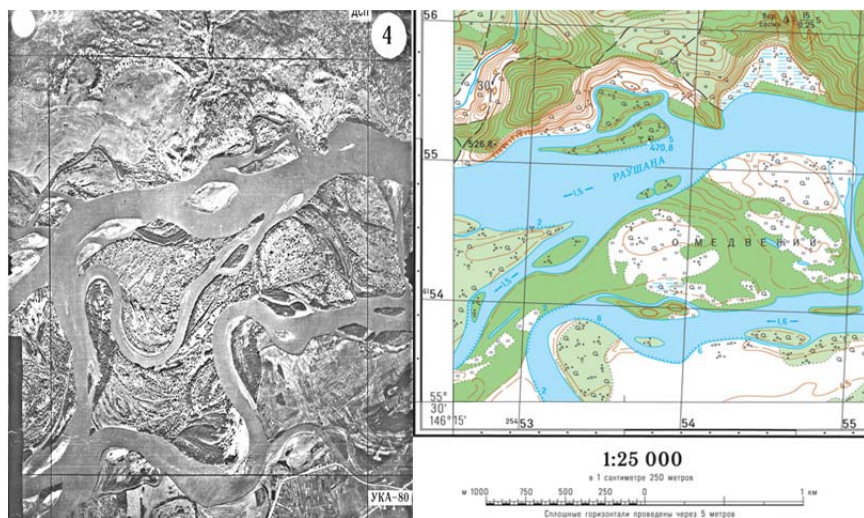


Рис. 10. Сравнение элементов гидрографии на аэроснимке и карте

На аэрофотоснимке изображена широкая река. Тон ее изображения меняется от темно-серого до светло-серого в зависимости от глубины реки. Береговые отмели имеют почти белый тон, выделяющийся на темно-сером тоне воды. Обрывистые берега без пляжа дешифрируются под стереоскопом. Они изображены на аэрофотоснимке в виде темно-серой или темной полосы (тени от обрывов), примыкающей к воде. Освещенные

прямыми солнечными лучами обрывистые берега изображены в виде светлых узких полос.

Постоянные и пересыхающие протоки просматриваются стереоскопически. Изображение впадающего в реку ручья хорошо читается на зернистом фоне (лес вдоль русла).

Растительность изображается темно-серым тоном и тем чернее, чем она гуще и чем темнее ее окраска в натуре.

Для кустарников характерны более мелкая, чем у леса, структура изображения (зернистость) и малые размеры отображаемых кустами на опушках теней.

Одним из дешифровочных признаков является **тень**. Различают тени собственные и падающие. *Собственные тени* являются результатом различной освещенности выпуклых или вогнутых объектов местности. Так различные части кроны дерева, скаты крыши, овраги, насыпи, выемки отражают различное количество солнечных лучей от единицы поверхности, что существенно влияет на плотность их изображения. Вследствие этого по собственной тени объектов выявляют в некоторой степени их пространственные формы.

На аэронегативе получается изображение не всех частей пространственного объекта (дома, дерева и т. д.), а только тех, которые к нему обращены. Поэтому одни собственные тени не могут дать на аэроснимке полное представление о форме объекта. Этот недостаток в значительной мере восполняется *падающей тенью*, точнее, ее положением и формой (рис. 11).

По положению падающей тени устанавливают, возвышается ли данный объект над поверхностью земли или лежит ниже нее. Так как аэросъемка производится, как правило, при положении солнца в южной части неба (от юго-востока до юго-запада), то возвышающиеся над поверхностью земли объекты имеют падающую тень, расположенную сверху и слева или справа от объекта (при ориентировании аэроснимка севером от себя). Углубленные же объекты имеют падающую тень снизу и справа или слева от объекта. Приблизительно, с ошиб-

кой до  $\pm 30-40^\circ$ , можно считать, что падающие от возвышающихся объектов тени направлены обычно на север.

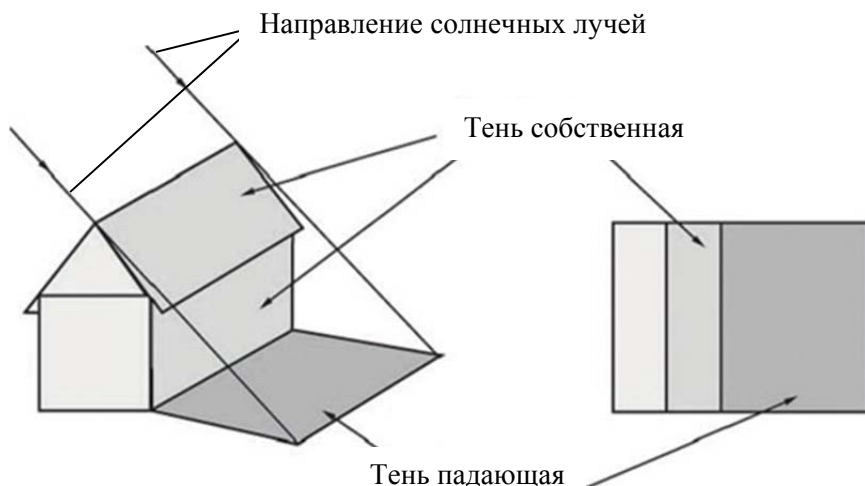


Рис. 11. Тени от объекта и их изображение на аэроснимке

Форма падающей тени во многих случаях позволяет судить о содержании сфотографированного объекта. Так форма падающей тени отдельно стоящей ели, водонапорной башни или мельницы хорошо отражает сущность объекта.

Объекты местности редко изображаются однородным тоном. Только гладкие или очень однообразные поверхности дают однородный тон (водная, снежная, глинистая поверхности). Большой частью на общем фоне однородного тона встречаются более темные или более светлые разводы и другие нарушения однородности. При дешифрировании следует учитывать важную закономерность изменчивости тона. Объекты, изображающиеся крайними звеньями шкалы тоналностей, менее подвержены изменениям, чем изобразившиеся средним звеном. Здесь уместно чаще обращаться к табл. 1.



Таблица 1

## Характеристики топографических объектов по тону и цвету изображения

Объекты	Тип аэроснимков			
	Черно-белые панхроматические	Цветные «натуральные»	Цветные спектрональные	
			На цветной фотобумаге	На спектрональной фотобумаге
1	2	3	4	5
Моховые тундры	Светло-серый	–	Зеленый	Пурпурный
Лишайниковые тундры	Белый	Белый	Светло-зеленый	Светло-пурпурный
Кустарниковые тундры	Серый, темно-серый	Зеленый	Зеленовато-коричневый	Зеленовато-голубой
Полигональные и бугристые поверхности	Серый с разными оттенками	Зеленовато-серый	Темно-зеленый	Вишневый
Офаговые болота	Серый	Светлый, желтовато-зеленый	Желто-зеленый	Светло-кофейный
Гипновые болота	Темно-серый	Темно-зеленый	Зеленый	Голубовато-серый
Травяные болота	Светло-серый	Зеленый	Светло-зеленый	Розовато-серый
Лиственные леса	Серый	Зеленый	Красновато-коричневый	Сине-зеленый

1	2	3	4	5
Хвойные леса угнетенные	Серый	Зеленый	Зеленый	Серовато-розовый
Сосновые леса	Светло-серый	Темно-зеленый	Зеленый	Темно-пурпурный
Еловые леса	Серый	Зеленый	Темно-зеленый	Коричнево-пурпурный
Лиственные леса	Светло-серый	Светло-зеленый	Светло-зеленый	Зеленовато-пурпурный
Дубовые леса	Серый	Зеленый	Желтовато-бурый	Зеленовато-голубой
Березовые леса	Светло-серый	Зеленый	Зеленовато-желтый	Зеленовато-голубой
Осиновые леса	Светло-серый	Светло-зеленый	Светло-красный	Зеленовато-голубой
Лиственные кустарники	Серый	Зеленый	Желтовато-коричневый	Зеленовато-синий
Полукустарники пустынные	Темно-серый	Зеленовато-серый, зеленый	Коричневый	Светло-синий
Травяной покров степей и сухих лугов	Светло-серый	Серо-зеленый	Желтовато-зеленый	Кофейный (с оттенками)
Травяной покров мокрых лугов	Серый и темно-серый	Зеленый, темно-зеленый	Темно-оранжевый, желтовато-бурый	Темно-пурпурный, бурый
Заросли камыша	Темно-серый	Серо-зеленый	Коричнево-красный	Зеленовато-синий

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Поля с различными техническими культурами	От почти белого до почти черного	Зеленый (с оттенками)	Зеленый (различной насыщенности) красно-желтый	Голубой, кирпичный, вишневый, пурпурный
Фруктовые сады	Серый	Зеленый	Светло-коричневый	Темно-голубой
Закрепленные пески	Серый	Серовато-желтый, красновато-серый	Светло-зеленый	Светло-пурпурный
Песчаные и галечниковые отмели, пляжи	Серый (с оттенками)	Светло-желтый, светло-серый	Голубой	Светло-кирпичный, светло-пурпурный
Такыры глинистые	От светло-серого до почти черного	Темно-серый, серовато-коричневый	Зеленый (со слабыми оттенками)	Пурпурный (со слабыми оттенками)
Вода в озерах и реках	От белого до черного	Темно-серый, кофейный	Сине-зеленый, черный	Светло-коричневый, пурпурный
Постройки разной окраски	Серый (с различными оттенками)	Светло-красный, зеленый, светло-серый	Зеленый, белый	Светло-коричневый, белый
Дороги с покрытиями	Серый	Светло-серый	Голубовато-зеленый	Пурпурный

Взаимное расположение на аэроснимке изображений различных элементов местности часто позволяет судить об их содержании по признакам взаимной связи. Так изображение дома с небольшим двориком у пересечения проселочной и железной дорог читается как железнодорожная будка при переезде; обрывающаяся у берега реки проселочная дорога, продолжающаяся на другом берегу, свидетельствует о наличии брода; расположение деревьев в правильном шахматном порядке указывает, что это фруктовые деревья (сад); расположение группы домов у многократного разветвления железнодорожных путей указывает, что это станция, а количество этих зданий и путей, наличие специальных сооружений позволяет судить о классе этой станции.

Особым дешифровочным признаком является высота объекта. Она может быть определена либо путем линейного измерения падающей тени, либо путем пространственных стереоскопических измерений.

Простейшим способом определения высоты объекта по длине его тени является способ сравнения. Для этого необходимо знать действительную высоту  $h$  хотя бы одного из высоких объектов, изображенных на данном аэроснимке. Длину падающей тени этого объекта обозначим  $d_1$ , высоту интересующего нас объекта –  $x$ , а измеренную длину его падающей тени  $d_2$ . Так как на одном и том же аэроснимке длины теней двух объектов пропорциональны их высотам, то искомая высота  $x$  получится из равенства

$$x = \frac{d_2}{d_1} h.$$

Если известны время дня и дата аэросъемки, то по астрономическим таблицам можно определить угол  $\varphi$  падения лучей солнца и тогда искомую высоту  $h$  (рис. 12) можно найти по формуле

$$h = dtg\varphi.$$

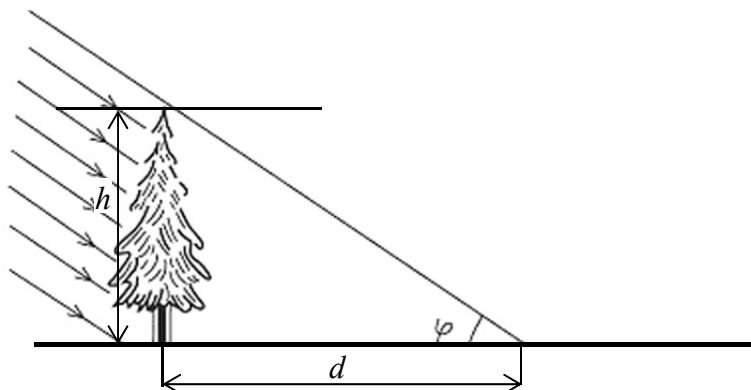


Рис. 12. Угол падения солнечных лучей на горизонтальную плоскость

Прямых дешифровочных признаков часто недостаточно для дешифрирования. Например, объекты не изобразились на аэроснимках (подземные сооружения) или объекты не имеют устойчивых прямых дешифровочных признаков (прямоугольную форму может иметь жилой дом, сарай, промышленные строения). В этом случае применяют косвенные дешифровочные признаки, которые указывают на наличие или характеристику объекта.

Все косвенные признаки подразделяются на две группы. К первой группе относятся природные взаимосвязи между компонентами ландшафтов, например, связь растительности с рельефом, рельефа с гидрографией, почв и грунтов с растительностью. Следовательно, в зависимости от того, какой признак лежит в основе дешифрирования, косвенные признаки первой группы делятся на геоморфологические, геоботанические, гидрологические и др. В целом эти признаки принято называть комплексными ландшафтными признаками дешифрирования.

Роль косвенных признаков второй группы могут играть антропогенные объекты, а также их взаимосвязи с природными объектами и явлениями. Например, с характером грунтов взаимосвязана конфигурация грунтовых дорог; от увлажненности грунтов и характера рельефа зависит распределение пахотных земель и направление пахоты.

# Дешифрирование аэроснимка

ОБРАЗЕЦ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ



	Постройки жилые огнестойкие (1), жилые неогнестойкие (2), нежилые неогнестойкие (3)		Водонапорная башня		Парники		Дороги грунтовые (1), полевые (2)		Речки, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Речи, шириной до 3 м, броды		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Речи, шириной до 3 м, броды		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Речи, шириной до 3 м, броды		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)		Леса, просеки (5-ширина в м) Характеристика древесной (в м): 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)	
--	---	--	--------------------	--	---------	--	-----------------------------------	--	---	--	-----------------------------	--	--	--	-----------------------------	--	--	--	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Косвенное дешифрирование с использованием индикаторов называют **индикационным дешифрированием**. Особенно большую роль индикационное дешифрирование играет при работе с космическими снимками, когда прямые признаки теряют свое значение из-за сильной генерализации изображения. Основными индикаторами при косвенном дешифрировании аэроснимков являются рельеф, растительность и гидрография.

***Порядок выполнения работы:***

1. Провести ориентирование аэроснимков в направлении север–юг.
2. Закрепить с помощью скрепок кальку на аэроснимке.
3. Дешифрировать аэроснимок в следующей последовательности:
  - дорожная сеть (железные, шоссейные, полевые, лесные, проселочные дороги);
  - гидрография;
  - населенные пункты;
  - земельные угодья.
4. Оформить результаты дешифрирования в соответствии с «Условными знаками для топографических карт масштаба 1 : 10 000».

***Материалы представляемые для проверки преподавателем:***

1. Ксерокопия аэроснимка.
2. Калька с нанесенными объектами дешифрирования.

## Лабораторная работа № 4

### ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ ЦЕЛИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗИСА ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИБЛИЖЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ УГЛОВ НАКЛОНА АЭРОСНИМКА

**Материалы для выполнения работы:** стереопары аэро-снимков продольного и поперечного перекрытия, измеритель, поперечный масштаб, линейка, карандаш, калькулятор для определения значений углов.

**Задание:** Выбрать параметры аэрофотосъемки для цели дешифрирования. Определить базис фотографирования и приближенные значения углов наклона стереопары при продольном и поперечном перекрытии.

Параметры аэроснимка должны выбираться применительно к географическим и оптическим условиям картографируемого района с тем, чтобы получить наиболее информационные и выразительные аэроснимки. Зная оптические свойства фотографировемого ландшафта, можно определить спектральную зону фотографирования, оптимальную светочувствительность, коэффициент контрастности и разрешающую способность аэро-пленки расчетным путем.

Существуют фотографические и геометрические параметры аэрофотосъемки.

**Фотографические параметры.** Для их выбора необходимо установить критерии оценки качества аэрофотоизображения. Наиболее полную характеристику влияния отдельных факторов на качество аэрофотоизображения и оценку отдельного воспроизведения деталей фотографировемого объекта дает контрастно-частотная функция. Весьма просто и достаточно наглядно раздельное воспроизведение мелких деталей на пороге разрешения можно получить по разрешающей способности фотографического изображения.



В настоящее время для аэрофотографирования рекомендуются изопанхроматические аэропленки типа 13, 15, 17 и 18. В условиях слабой освещенности применяют аэропленки типа 13 и 15, обладающие высокой светочувствительностью. Если условия освещения позволяют применять менее светочувствительные эмульсии, то используют пленку типа 17. При съемке малоконтрастного ландшафта и при сильной дымке, если позволяют условия освещения, рекомендуется пленка типа 18.

В топографическом производстве наибольшее применение получила аэропленка панхром типа 15 со светочувствительностью 800 ед., с коэффициентом контрастности 1,7–2,3 и разрешающей способностью 85 лин/мм. Аэроснимки на ней обладают сравнительно хорошей дешифрируемостью для подавляющего большинства топографических объектов.

Из параметров объектива АФА, сказывающихся на дешифрируемости аэроснимков, имеют значение угол зрения, фокусное расстояние, светосила и просветление, разрешающая способность и тип светофильтра.

Современные аэрофотоаппараты имеют формат кадра  $18 \times 18$ ,  $23 \times 23$ , или  $30 \times 30$  см и оснащены специальными устройствами, обеспечивающими: аэросъемку с заданным перекрытием; впечатывание в кадр сенситометрического клина и навигационных данных; автоматическое регулирование экспозиции; измерение контрастности изображения, компенсацию его сдвига; смену светофильтров; индикацию снимаемого ландшафта на мониторе и др.

Основные технические характеристики современных аэрофотоаппаратов, применяемых для аэросъемки, представлены в табл. 2.

**Геометрические параметры.** К ним относят величины, характеризующие геометрические взаимоотношения между материалами АФС и параметрами съемки. К ним относят масштаб съемки, перекрытие снимков, а также величины, определяющие параллельность съёмочных маршрутов.

Таблица 2

Основные технические характеристики современных аэрофотоаппаратов, применяемых для аэросъемки

Тип АФА	Фокусное расстояние	Разрешающая способность линий/мм
АФА ТЭС-10М (РФ)	100	33
АФА ТЭ-50 (РФ)	500	35
АТ-204 (РБ)	150, 300	50-100
RC Wild/Leica	153	120
RC Wild/Leica	305	107

Высота аэрофотосъемки, базис фотографирования и фокусное расстояние объектива АФА обуславливают масштаб аэроснимков в плане и вертикальный масштаб стереомодели местности, а следовательно, и точность измерительного дешифрирования.

*Условные обозначения и исходные данные для примерных расчетов:*

$m$  – знаменатель масштаба аэрофотографирования (30 000);

$l$  – размер аэрофотоснимка по стороне (18 см);

$f_k$  – фокусное расстояние АФА (0,15 м);

$H_{\max}$  – абсолютная максимальная высота точек местности, взятая с карты масштаба 1 : 25000 (220 м);

$H_{\min}$  – абсолютная минимальная высота точек местности, взятая с карты (120 м);

$H_a$  – высота аэродрома над уровнем моря (93 м);

$a$  – длина южной стороны рамки в километрах (35,7 км);

$c$  – боковая сторона рамки трапеции (37,1 км);

$v$  – истинная воздушная скорость самолета (120 м/с);

$p$  – заданное продольное перекрытие аэрофотоснимков (60 %);

$q$  – заданное поперечное перекрытие аэрофотоснимков (30 %);

$k$  – число трапеций (4).

*Примерный расчет геометрических параметров аэрофотосъемки:*

1. Высота аэрофотосъемки над средней плоскостью

$$H = mf_k = 30\,000 \cdot 150 = 4500 \text{ м.}$$

2. Высота средней плоскости аэрофотосъемочного участка

$$H_{\text{cp}} = \frac{H_{\text{min}} + H_{\text{max}}}{2} = \frac{120 + 220}{2} = 170 \text{ м.}$$

3. Превышение средней плоскости аэрофотосъемочного участка над уровнем аэродрома

$$h^1 = H_{\text{cp}} - H_a = 170 - 93 = 77 \text{ м.}$$

4. Высота аэрофотосъемки относительно высоты аэродрома

$$H_a = H + h^1 = 4500 + 77 = 4577 \text{ м.}$$

5. Наибольшее превышение точек местности над средней плоскостью

$$h = H_{\text{max}} - H_{\text{cp}} = 220 - 170 = 50 \text{ м.}$$

6. Базис аэрофотосъемки

$$B = \frac{ml}{100} (100 - p) = \frac{30\,000 \cdot 18}{100} (100 - 60) = 2,2 \text{ км.}$$

*Определение приближенных значений продольного угла наклона аэрофотоснимка*

Для определения продольного угла наклона на перекрывающейся части двух смежных аэроснимков выбирают две пары идентичных точек 1 и 2, 3 и 4;  $1^1$  и  $2^1$ ,  $3^1$  и  $4^1$  с таким расчетом, чтобы линии, соединяющие точки 1 и 2 на левом аэроснимке и точки  $3^1$  и  $4^1$  на правом, находились не дальше 2–3 мм от соответствующих главных точек  $O_1$  и  $O_2$  (рис. 14).

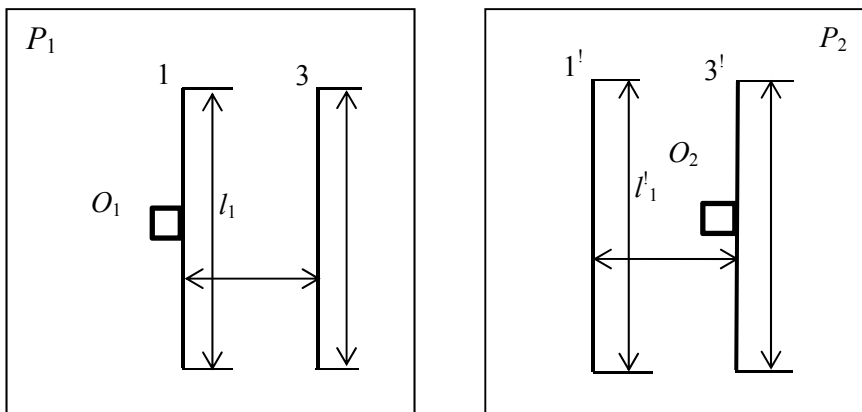


Рис. 14. Определение значений продольного угла наклона аэроснимка

Расстояния  $l_1$   $l'_1$   $l_2$   $l'_2$  между точками 1 и 2,  $1'$  и  $2'$ , 3 и 4,  $3'$  и  $4'$  измеряют на обоих аэрофотоснимках с точностью до 0,1 мм. Кроме того, измеряют с точностью до 1 мм расстояния  $x_1$  и  $x_2$  между этими линиями.

Приближенное значение продольного угла наклона аэрофотоснимка вычисляют по формулам:

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{l'_2 - l_2}{l_2 \cdot x_1} \cdot f_{\text{к}} \rho;$$

$$\alpha_{\text{п}} = \frac{l'_2 - l_2}{l_2 \cdot x_1} \cdot f_{\text{к}} \rho,$$

где  $f_{\text{к}}$  – фокусное расстояние фотоаппарата;  
 $\rho = 3438'$ .

*Определение приближенных значений взаимного поперечного угла наклона аэрофотоснимка*

Для определения взаимного поперечного угла наклона на перекрывающейся части двух смежных аэрофотоснимков соседних маршрутов выбирают по две пары идентичных точек:

на одной точки 1 и 2, 3 и 4, на другом – 1' и 2', 3' и 4'. При этом линии, соединяющие точки 1 и 2, 3 и 4, равны соответственно  $l_1$  и  $l_2$ , должны быть примерно параллельны направлению маршрута и находиться одна от другой на наибольшем расстоянии  $\Delta y$ .

Отрезки  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l'_1$ ,  $l'_2$  измеряют с точностью до 0,1 мм, а расстояния между ними  $\Delta y_1$ ,  $\Delta y_2$  – с точностью до 1 мм.

Приближенное значение взаимного поперечного угла наклона вычисляется по формуле

$$\Delta\omega = (l'_1 - l_1) - (l'_2 - l_2) \cdot f_k \rho / l_{cp} \Delta y_{cp},$$

где  $l_{cp} = (l_1 + l'_1 + l_2 + l'_2)/4$ ;

$\Delta y_{cp} = (\Delta y_1 + \Delta y_2)/2$ .

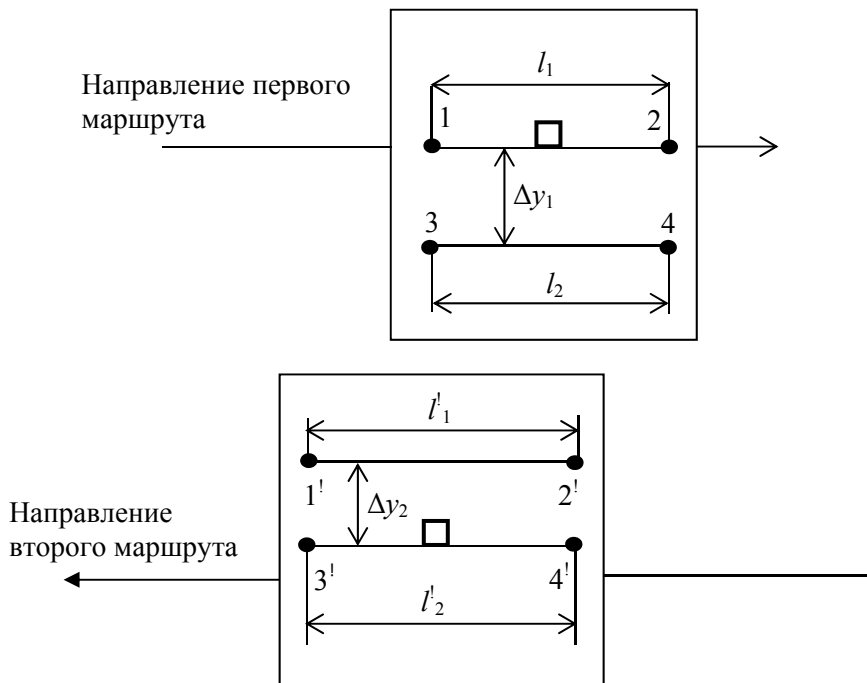


Рис. 15. Определение значений поперечного угла наклона аэроснимка

Контроль полученных приближенных значений углов наклона аэроснимка осуществляется путем сравнения с данными табл. 3.

Таблица 3

Максимальные углы наклона аэроснимков

Фокусное расстояние (мм)	75	100	200	250
Угол наклона аэроснимка (градус)	3	4	8	10

***Материалы представляемые для проверки преподавателем:***

1. Ксерокопия стереопары аэроснимков с указанными точками.
2. Лист формата А4 с результатами измерений и вычислений.

## Лабораторная работа № 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ ПО АЭРОСНИМКАМ (РАЗМЕРЫ, ВЫСОТА ОБЪЕКТА И РАССТОЯНИЯ)

**Материалы для выполнения работы:** аэроснимок, измеритель, линейка, измерительная лупа, карандаш, топографическая карта.

**Задание:** Простейшими способами без применения стереофотограмметрических приборов определить характеристики объекта местности (размеры объекта, высоту объекта и расстояния) по аэроснимку.

#### *Определение расстояния на местности по аэроснимку*

Расстояние на местности можно определить по аэроснимку, для чего необходимо знать его масштаб.

#### **Порядок выполнения:**

Для определения расстояния между объектами на местности необходимо вычислить масштаб аэроснимка. После этого на аэроснимке измерить линейкой с миллиметровыми делениями с точностью до 0,1 мм расстояние между интересующими объектами. Расстояние на местности вычисляется по формуле

$$L = l m_c,$$

где  $l$  – расстояние между объектами на аэроснимке;  
 $m_c$  – масштаб аэроснимка.

#### *Определение размеров объекта по аэроснимку*

#### **Порядок выполнения:**

Размеры мелких объектов, а также ширину просек, дорог, ручьев и т. п. измеряют с помощью измерительных луп. В из-

мерительной лупе шкала с ценой деления 0,1 мм. Лупу необходимо наложить на плановый аэроснимок и оценить размеры объектов с точностью не менее 0,05 мм. Действительные размеры объектов на местности вычисляют по формуле

$$L = (l + \delta l) H/f,$$

где  $l$  – расстояние, или размеры объекта на снимке (мм);

$H$  – высота фотографирования (2000 м);

$f$  – фокусное расстояние объектива (150 мм);

$\delta l$  – поправка на размытость изображения (табл. 4).

Пограничная полоса размытости изображения объектов и особенности его зрительного восприятия приводят к тому, что светлые предметы оказываются несколько преувеличенными, а темные уменьшенными.

Кроме того в процессе определения размеров объектов нужно учитывать искажения обусловленные «перспективой» снимка. Ошибку в определении размера объекта из-за перспективы вычисляют по формуле

$$\Delta L = H\alpha l (2r + l) / 60 f,$$

где  $\Delta L$  – ошибка в длине (ширине) объекта из-за перспективы (м);

$\alpha$  – угол наклона аэрофотоснимка в градусах;

$r$  – расстояние от главной точки аэрофотоснимка до изображения объекта (мм);

$H$  – высота фотографирования;

$l$  – размер объекта на снимке;

$f$  – фокусное расстояние АФА.

Границы контуров на аэроснимках представляют собой не контрастные линии, а размытые (в силу светорассеяния и смаза при аэросъемке) переходные полосы. Общую размытость границ контуров определяют как резкость аэрофотоизображения, размытость деталей – как его четкость. Резкость и четкость изображения снижаются с увеличением светочувстви-



тельности фотоматериалов, что особенно следует иметь в виду при крупномасштабной топографической аэро съемке.

Для отдельного восприятия на аэроснимках изображений смежных объектов пограничная переходная полоса между ними не должна превышать трети аэрофотоизображения каждого из объектов. Наличие данной полосы в необходимых случаях (например, при установлении по аэроснимкам ширины дешифрируемых рек, дорог, просек) учитывается путем введения соответствующих поправок за размытость изображения границ контуров (см. табл. 4).

Таблица 4

Величины поправок за размытость объектов

Объект дешифрирования	1 : 10 000	1 : 25 000
Ширина шоссе, хорошо наезженной грунтовой дороги, железной дороги	-0,16	-0,11
Ширина средне наезженной грунтовой дороги	-0,11	-0,07
Хозяйственные постройки, дома и другие строения, ширина мало наезженной грунтовой дороги	-0,07	-0,05
Ширина реки, ручья, оврага, промоины	0,00	0,00
Ширина покрытой части шоссе	+0,12	+0,09

Пример вычисления действительных размеров объекта приведен в табл. 5.

Таблица 5

Объект дешифрирования 1 : 25 000	Поправка (мм)	Размер объекта		
		На аэроснимке (мм)		На местности (м)
		измеренный	фактический	
Ширина хорошо наезженной грунтовой дороги	-0,11	0,40	0,29 (0,40 - 0,11)	7,2 (0,29 × 25)

Вычисление размеров объекта свести в табл. 6.

Таблица 6

Наименование объекта местности	Размеры объекта на аэроснимке (мм)		Поправка $\delta l$	Размеры объекта в натуре (мм)		$\Delta L$ ошибка из-за перспективы
	Длина	Ширина		Длина	Ширина	
1	2	3	4	5	6	7

*Определение высоты объекта по аэроснимку*

**Порядок выполнения:**

Высоты объектов можно определять путем измерения по аэрофотоснимку длин изображений их теней с простейшими вычислениями, а также путем сравнения длины тени объекта известной высоты с длиной тени объекта неизвестной высоты.

Высота объекта вычисляется по формуле

$$h_o = l_T m_c \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $h_o$  – высота объекта (м);

$l_T$  – длина изображения тени (мм) на аэрофотоснимке;

$m_c$  – знаменатель масштаба аэрофотоснимка;

$\varphi$  – угол падения солнечных лучей на земную поверхность во время аэрофотосъемки.

Значение тангенса угла  $\varphi$  можно определить по специальным астрономическим таблицам (для этого нужно знать дату и время аэрофотосъемки, а также широту местности) либо по относительной длине тени. Во втором случае на аэрофотоснимке выбирают изображение предмета (дом, столб и т. п.), высота которого ( $h_o$ ) известна. Измерив длину изображения тени ( $l_o$ ) этого предмета, вычисляют тангенс угла  $\varphi$  по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{h_0}{l_0 m_c},$$

где  $m_c$  – знаменатель масштаба аэроснимка;

$h_0$  – известная высота объекта;

$l_0$  – длина изображения тени этого объекта.

**Порядок выполнения:**

Выбрать на аэроснимке три-четыре объекта с четкими и длинными тенями, чем длиннее тень, тем точнее ее можно измерить.

Произвести измерения теней циркулем-измерителем или измерительной лупой.

Полученные данные свести в таблицу.

Таблица 7

Наименование объекта и его абрис	Размер тени $l_T$ (мм)	Масштаб снимка $m_c$	Угол падения $\varphi$	Высота объекта $h_0 = l_T m_c \operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5

**Материалы представляемые для проверки преподавателем:**

1. Ксерокопия аэроснимка с указанными точками.
2. Ксерокопия топографической карты с указанными точками.
3. Лист формата А4 с результатами измерений и вычислений:
  - вычисленное расстояние между объектами на местности;
  - вычисленные размеры объекта по образцу табл. 6;
  - вычисленная высота объекта по образцу табл. 7.

## Лабораторная работа № 6

### КАМЕРАЛЬНОЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ РАЗНЫХ МАСШТАБОВ

**Материалы для выполнения работы:** аэроснимок, измеритель, линейка, карандаш, топографическая карта.

**Задание:** 1. Способом засечки перенести объект с аэроснимка на топографическую карту. 2. Нанести координатную сетку на аэроснимок. 3. Определить координаты объектов.

#### *Перенос объектов с аэроснимка на карту*

##### **Порядок выполнения:**

Объекты с аэрофотоснимка на карту переносят следующими способами:

**по контурам** – на аэрофотоснимке и карте опознают общие контуры, относительно которых глазомерно переносят на карту отдешифрированные на аэрофотоснимке объекты. Этот способ не обеспечивает высокую точность и пригоден, когда карта и аэрофотоснимок имеют много общих контуров;

**засечками** – на карте и аэрофотоснимке выбирают не менее двух общих точек  $a$  и  $b$  вблизи переносимого объекта (рис. 16). Измеряют на аэрофотоснимке отрезки  $ac$  и  $bc$ , а затем радиусами, равными длине отрезков в масштабе карты, из соответствующих точек на карте проводят дуги. Точка пересечения дуг и будет положением объекта на карте. Для контроля производится засечка с третьей точки; при выполнении работ рекомендуется пользоваться пропорциональным циркулем или пропорциональным масштабом;

**по клеткам сеток** – на аэрофотоснимке и карте выбирают три-четыре общие точки и соединяют их прямыми. Каждую сторону подобных фигур делят на равное число частей и, со-

единив прямыми соответствующие точки, получают сетки желаемой густоты. По клеткам сеток и переносят объекты.

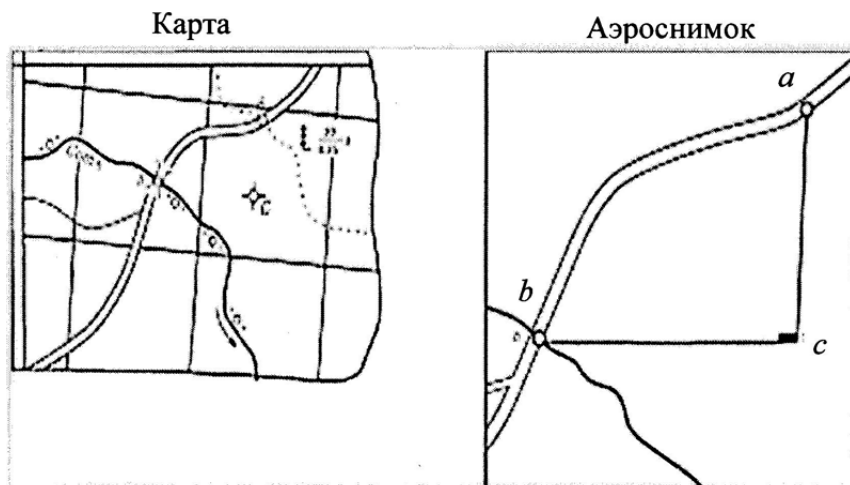


Рис. 16. Перенесение объекта с аэрофотоснимка на карту засечкой

### *Нанесение координатной сетки на аэрофотоснимок*

#### **Порядок выполнения:**

На аэрофотоснимок переносят с карты точки пересечения линий координатной сетки, которые затем соединяют прямыми. В этих целях рекомендуется применять следующий способ, связанный с наименьшими затратами времени (способ четырехугольника). На аэрофотоснимке и карте выбирают четыре соответственные точки (рис. 17), четко обозначенные на карте и опознаваемые на аэрофотоснимке. Выбранные точки соединяют прямыми, затем точки пересечения этих прямых с линиями сетки (1, 2, ..., 8) переносят с карты на аэрофотоснимок, откладывая на проведенных прямых ( $ab$ ,  $bc$ ,  $cd$ ,  $da$ ) соответствующие отрезки в масштабе аэрофотоснимка. При этом рекомендуется пользоваться пропорциональным масштабом либо пропорциональным циркулем. Соединив нанесенные точки прямыми, получают на аэрофотоснимке координатную сетку.

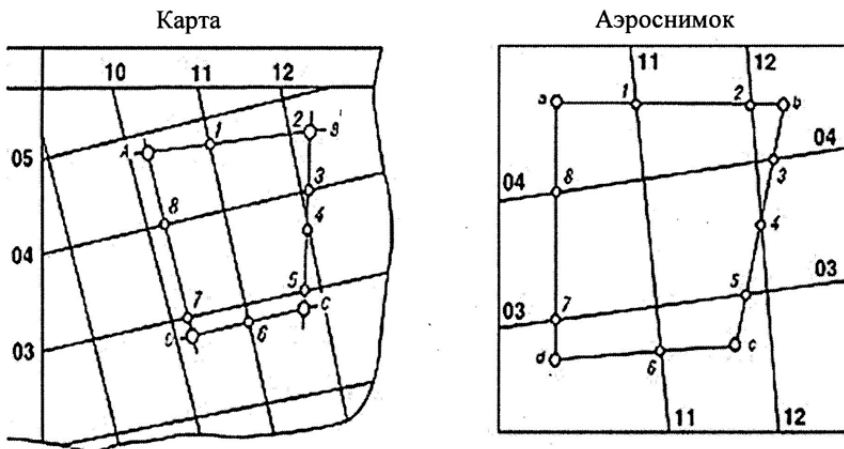


Рис. 17. Нанесение координатной сетки на аэрофотоснимок способом четырехугольника

Для построения пропорционального масштаба выбирают на аэроснимке и карте две общие точки, измеряют на аэроснимке расстояние между ними ( $AB$ ) и откладывают его на бумаге. Этот же отрезок измеряют на карте и откладывают от точки  $B$  в направлении, перпендикулярном к линии  $AB$ . Полученную точку  $B'$  соединяют прямой с точкой  $A$  и проводят линии, параллельные  $BB'$  (рис. 18).

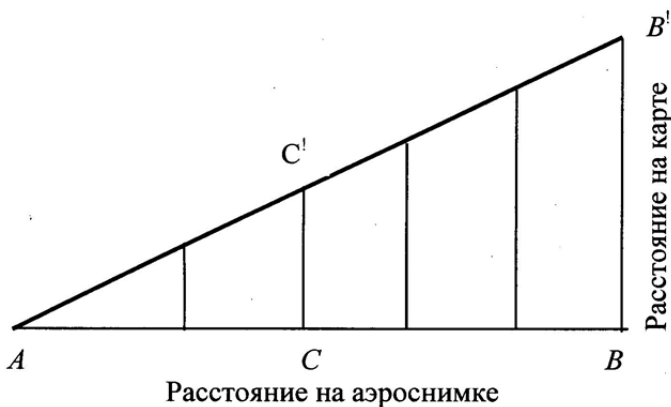


Рис. 18. Пропорциональный масштаб

От размеров, получаемых на аэроснимке, к размерам на карте переходят следующим образом. На аэроснимке измеряют требуемый отрезок  $AC$  и откладывают его от точки  $A$  вдоль линии  $AB$ . В полученной точке  $C$  поворачивают циркуль параллельно линии  $BB'$  и уменьшают его раствор до касания с линией  $AB'$ . Отрезок  $CC'$  будет соответствовать расстоянию на карте.

### *Определение координат объектов*

Координаты объектов, выявленных по аэрофотоснимкам, можно определить с помощью топографической карты или аэрофотоснимка с координатной сеткой. Для этого объекты с аэрофотоснимка переносят на карту (любым из описанных выше способов) или опознают на аэрофотоснимке, а затем снимают их координаты по координатной сетке. Пользуясь такой сеткой, берут обыкновенную линейку (длиной не менее 10 см) с миллиметровыми делениями. Принимают, что 10 см на ней соответствуют 1000 м, 1 см – 100 м, 1 мм – 10 м, 0,1 мм – 1 м.

#### ***Порядок выполнения:***

Определяя абсциссы  $X$ , накладывают линейку на аэрофотоснимок с координатной сеткой так, чтобы ее нулевой штрих совместился с горизонтальной линией сетки, лежащей ниже определяемой точки (рис. 19), а штрих, соответствующий 10 см, – с соседней верхней линией.

Одновременно край линейки должен проходить через определяемую точку  $A$ . Отсчет по линейке (мм) против точки  $A$ , умноженный на 10, дает величину отрезка по оси  $X$  (м).

Для определения ординаты  $Y$  поступают так же, но линейку помещают между вертикальными километровыми линиями сетки, обращая внимание на то, чтобы нулевой штрих совместился с линией, лежащей влево от точки  $A$ .

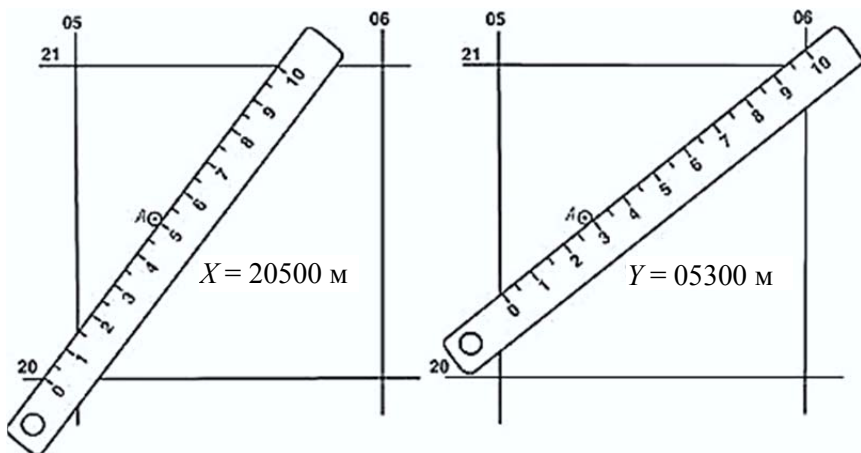


Рис. 19. Определение прямоугольных координат точки на аэроснимке с помощью линейки

***Материалы представляемые для проверки преподавателем:***

1. Ксерокопия аэроснимка с указанными точками для переноса объекта со снимка на карту.
2. Ксерокопия топографической карты с точками для переноса объекта способом засечки с аэроснимка на топографическую карту.
3. Ксерокопия аэроснимка и топографической карты с нанесенной координатной сеткой на аэроснимок способом четырехугольника.
4. Лист формата А4 с результатами построения пропорционального масштаба и координатами точек определенных по аэроснимку.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бызов, Б. Е. Военная топография для курсантов учебных подразделений / Б. Е. Бызов, А. Н. Коваленко, А. Ф. Лахин. – М.: Воениздат, 1980. – 224 с.

2. Назаров, А. С. Фотограмметрия: учебное пособие для студентов вузов / А. С. Назаров. – Минск: ТетраСистемс, 2006. – 368 с.

3. Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

4. Живичин, А. Н. Дешифрирование фотографических изображений / А. Н. Живичин, В. С. Соколов. – М.: Недра, 1980. – 253 с.

5. Шалькевич, Ф. Е. Методы дистанционных исследований: лабораторный практикум / Ф. Е. Шалькевич. – Минск: БГУ, 2012. – 62 с.

Учебное издание

**КАРЛОВИЧ** Михаил Фёдорович

## **ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ**

Пособие

для выполнения лабораторных работ  
для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия»

Редактор *В. И. Акулёнок*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 24.03.2020. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,90. Уч.-изд. л. 2,27. Тираж 150. Заказ 161.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.