

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «БУРЯТСКИЙ АГРАРНЫЙ  
КОЛЛЕДЖ ИМЕНИ М.Н. ЕРБАНОВА»

Васюхник Цырма Нанзатовна

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических работ для студентов  
направления 21.02.08 специальности «Прикладная геодезия»  
Дисциплина «Основы дистанционного зондирования и фотограмметрия»

Улан-Удэ  
Издательство Бурятского госуниверситета  
2021

УДК 528.7

ББК 26.12

В 207

#### Рецензенты

Г.Ф.Кыркунова, старший преподаватель БГСХА

М.А.Казанцева, преподаватель геодезических дисциплин высшей категории

Васюхник, Ц.Н.

Методические указания к выполнению практических работ для студентов направления 21.02.08 специальности «Прикладная геодезия» Дисциплина «Основы дистанционного зондирования и фотограмметрия» / Ц.Н.Васюхник ; Министерство образования и науки Республики Бурятия, Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Бурятский аграрный колледж им. М.Н.Ербанова». - Улан-Удэ : Издательство Бурятского госуниверситета, 2021. – 29 с.

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности 21.02.08 «Прикладная геодезия» с целью методического сопровождения реализации учебной программы ОП 03 «Основы дистанционного зондирования и фотограмметрия». В методических указаниях представлены практические и лабораторные работы, вопросы для самоконтроля.

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина ОП 03 «Основы дистанционного зондирования и фотограмметрия» согласно учебному плану изучается на 2 курсе специальности 21.02.08 Прикладная геодезия. Лабораторные работы, являющиеся частью обязательной аудиторной работы обучающихся, предназначены для приобретения ими определенных практических навыков. Позволяют расширить, углубить и закрепить знания, прививают умение самостоятельно работать с аэрокосмическими снимками и специальной литературой. **Цель работ** - закрепить теоретические основы, привить практические навыки применения материалов аэрофотосъемки при решении инженерных задач в процессе выполнения геодезических работ.

Максимальная учебная нагрузка при изучении дисциплины ОП 03 «Основы дистанционного зондирования и фотограмметрия» составляет 123 часа. Из них на обязательную аудиторную учебную нагрузку отводится 82 часа, в том числе на лабораторные работы - 40 часов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

### **уметь:**

- работать с приборами и системами для фотограмметрической обработки материалов аэро-и космической съёмки и данных дистанционного зондирования Земли;

### **знать:**

- теоретические основы фотограмметрии;
- основные фотограмметрические приборы и системы;
- методы и технологии выполнения аэросъемочных работ и дистанционного зондирования;
- методы и технологии обработки видеоинформации, аэро- и космических снимков и данных дистанционного зондирования Земли.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Изучение устройства аэрофотоаппарата.
2. Изготовление накидного монтажа. Оценка качества материалов аэрофотосъемки.
3. Расчет плановой аэрофотосъемки (АФС) и подготовка рабочей карты для ее выполнения.
4. Построение перспективы заданных элементов
5. Стереоскопическое наблюдение снимков с проведением горизонталей.
6. Определение приближенных значений продольных и взаимных поперечных углов наклона аэрофотоснимков
7. Изготовление одномаршрутной фотосхемы
8. Дешифрирование аэрокосмических снимков

### **Практическая работа №1**

**Тема: Изучение устройства аэрофотоаппарата**

**Цель работы** – ознакомиться с устройством аэрофотоаппарата.

**Задание:** Начертить схему устройства АФА. Дать описание основных частей АФА.

### Теоретическая часть

Основным техническим средством, позволяющим получить аэрофотоснимки местности, является аэрофотоаппарат (АФА).

Современный аэрофотоаппарат -это сложное высокоточное оптико-электромеханическое устройство, устанавливаемое на летательном аппарате, совершающим полет в атмосфере Земли.

Наибольшее применение имеют кадровые топографические аэрофотоаппараты. Типы и конструкции аэрофотоаппаратов различны, но все они в своей основе имеют единую принципиальную схему (рисунок 1).

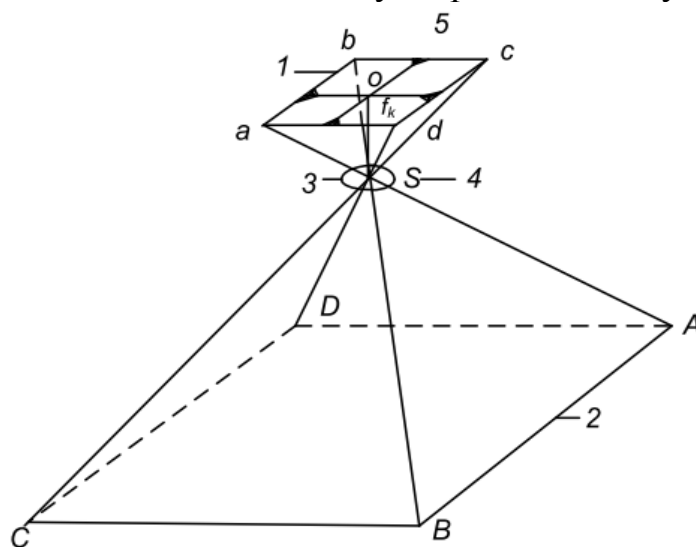


Рисунок 1. Схема построения изображения в кадровых аэрофотоаппаратах. 1-аэрофотоснимок; 2-зона захвата на местности; 3-затвор; 4-S-центр проекции; 5-координатные метки; ABCD-фрагмент местности; abcd-аэрофотоснимок

Фотографическое изображение местности получается в виде отдельных кадров - аэрофотоснимков. Оптическая ось съёмочной камеры перпендикулярна к плоскости аэрофотоснимка. Поскольку проектирование участка земной поверхности при фотографировании через объектив осуществляется одновременно на весь кадр изображения, то получаемый в этом случае аэрофотоснимок является центральной проекцией местности.

Устройство кадрового топографического аэрофотоаппарата представлено на рисунке 2.

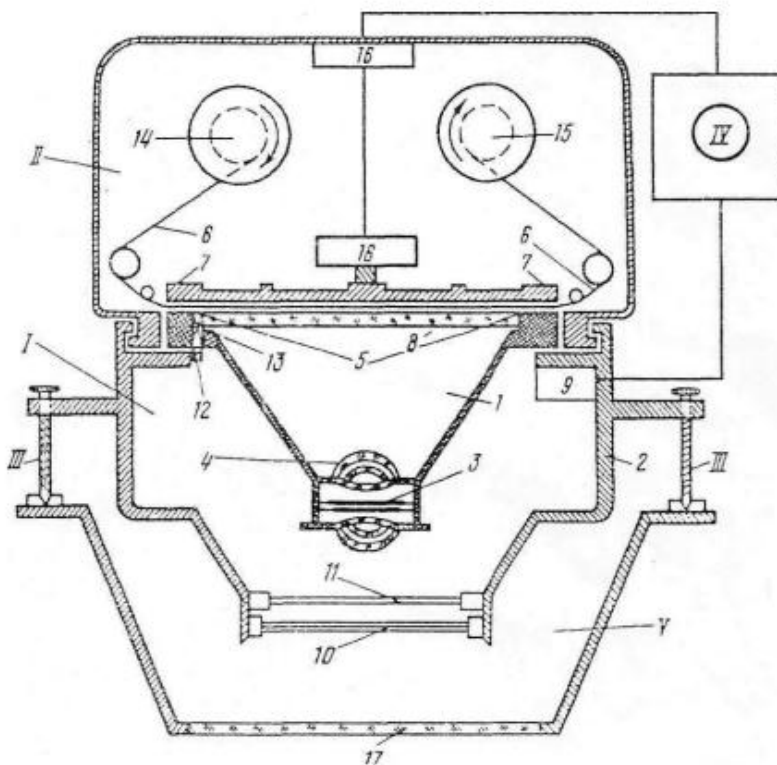


Рисунок 2. Устройство АФА:

1- съемочная камера; 2- корпус камеры; 3- объектив; 4- фотозатвор; 5- плоскость прикладной рамки; 6- фотоматериал; 7- прижимной стол; 8- выравнивающее стекло; 9- механизм аэрокамеры; 10- защитное стекло; 11- светофильтр; 12- блок регистрирующих приборов; 13- проектирующая линза; 14, 15- сматывающая и разматывающая катушки; 16- механизм кассеты; 17- защитное стекло.

Основными частями кадрового аэрофотоаппарата являются корпус, конус, кассета и командный прибор.

**Корпус** служит для размещения механизмов, обеспечивающих работу всех частей фотокамеры - счетчика кадров, часов, уровня, числового индекса фокусного расстояния и др. В верхней части корпуса размещена прикладная рама, плоскость которой совпадает с фокальной плоскостью объектива.

**Конус** аэрофотоаппарата крепится к нижней части корпуса и содержит оптическую систему, в которую входит объектив, светофильтры, компенсатор сдвига изображения и т.д.

Оптическая система (объектив) - это скрепленные линзы различной кривизны и формы, устраняющие aberrации объектива. Подбирают линзы с целью получения оптического изображения с заданными свойствами.

Основные оптические характеристики объектива:

-Фокусное расстояние - это расстояние от задней узловой точки объектива до главного фокуса. Различают короткофокусное 40-50 мм, средне- фокусное 140-350 мм и длиннофокусное 350 мм расстояния. Через главный фокус перпендикулярно оптической оси проходит фокальная

плоскость, в которой строится изображение и где располагается аэрофотопленка.

-Угол поля изображения  $2\rho$ . Если через объектив пропускать однородный пучок света, то в плоскости образуется круг, освещенность которого уменьшается от центра. Центральная часть этого круга, в которой размещается прикладная рамка АФА, называется полем зрения, а угол  $2\rho$ , образованный лучами, проведенными из задней узловой стенки объектива  $S$  на углы рамки, называется углом поля зрения АФА. По величине угла АФА подразделяют на узко угольные ( $<15^\circ$ ), нормально угольные ( $15-60^\circ$ ) и широкоугольные ( $>60^\circ$ ).

Затвор - это устройство, регулирующее время (выдержку), в течение которого происходит экспонирование аэрофотопленки. Выдержки в затворах изменяются в интервале от  $1/40$  до  $1/1000$  секунды и менее.

**Кассета** служит для размещения фотопленки и приведения ее светочувствительного слоя при экспонировании в соприкосновение с плоскостью прикладной рамы. Это прикосновение выполняется для выравнивания фотопленки в плоскость в момент фотографирования. Выравнивание пленки в плоскость выполняется механическим прижимом к прикладной раме или откачиванием воздуха из промежутка между фотопленкой и прикладной рамой.

Между моментами фотографирования фотопленка перематывается с подающей катушки на принимающую. Перематываемый участок пленки соответствует формату кадра с учетом промежутка между кадрами. В кассете АФА обычно 60 м пленки. Аэрофотопленка - часть фотографической съемочной системы. С ее помощью регистрируется оптическое изображение. От свойств аэрофотопленки зависит метрическое и изобразительное качество аэроснимков, т.е. качество изготавливаемых планов и карт.

**Командный прибор** предназначен для дистанционного управления всеми механизмами аэрофотоаппарата - измерения времени между экспозициями и их продолжительности, подачи команд на срабатывание затвора аэрофотоаппарата, перемотки фотопленки, прижима фотопленки. В современных аэрофотоаппаратах командный прибор управляет одновременно двумя - тремя съемочными камерами.

Аэрофотоустановка служит для крепления аэрофотоаппарата на борту самолета, позволяет производить автоматическое горизонтирование и ориентирование камеры АФА в пространстве.

При фотографировании местности главная оптическая ось аэрофотоаппарата может отклоняться от отвесного положения и в таком случае аэрофотоснимки получаются наклонными. На наклонных снимках изображение местности искажено. Чтобы исключить углы наклона аэрофотоснимков, главную оптическую ось аэрофотоаппарата стабилизируют в отвесном положении, для чего применяют гиросtabilизирующие установки. Для топографической аэрофотосъемки допустимый угол наклона снимков установлен не более  $3^\circ$ .



		имков в маршр уте	маршр уте	во	Продо льное	Попе речн ое		ть марш рута, %	сним ков, град.

**Исходные материалы:** 2 маршрута по пять снимков в каждом;

### **Общие сведения**

#### **1. Составление накидного монтажа.**

Накидной монтаж - это временное соединение смежных снимков друг на друга путем наложения (совмещения) их перекрывающихся частей. В результате получают непрерывное фотографическое изображение снятой территории. Укладывают снимки так, чтобы номера снимков были видны на накидном монтаже. Накидной монтаж делают для выявления недостатков аэросъемки данного участка (с целью их исправления), оценки качества законченной аэрофотосъемки и систематизации материалов ее в целях учета и удобства пользования. Пример составления накидного монтажа на рис.3



Рисунок 3. Составление накидного монтажа

#### **2. Оценка фотографического качества аэрофотоснимков**

Выбрав несколько снимков, произвести по ним визуальную оценку качества:



- 1) Отсутствие изображения облаков или теней от них, царапин, посторонних пятен, полос или бликов.
- 2) Четкость проработки деталей.
- 3) Отсутствие вуали.

Выполняют визуальную оценку фотографического качества изображения снимков каждого маршрута по четырехбалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Результаты записывают в таблицу (табл. 1).

### 3. Оценка фотограмметрического качества

3.1. Определяют величины продольного и поперечного перекрытий аэроснимков.

Продольное перекрытие  $P_x$  - это взаимное перекрытие снимков одного маршрута, вычисляется по формуле:

$$P_x = (l_x \cdot 100\%) \cdot l,$$

где  $l_x$  — размер перекрывающихся частей снимка;  $l$  — длина стороны снимка по направлению маршрута.

Поперечное перекрытие  $P_y$  — это перекрытие снимков соседних маршрутов

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

3.2. Определяют прямолинейность маршрута.

Прямолинейность маршрутов производят по уклонениям главных точек аэроснимков от прямой  $L$ . За главные точки принимают пересечение линий, соединяющих противоположные координатные метки (рис.4).

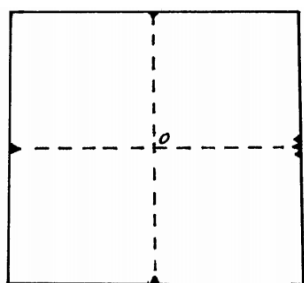


Рисунок 4. Главная точка снимка

Соединив главные точки (рис.5) начального и конечного снимков одного из маршрутов, измеряют расстояние  $L$ .

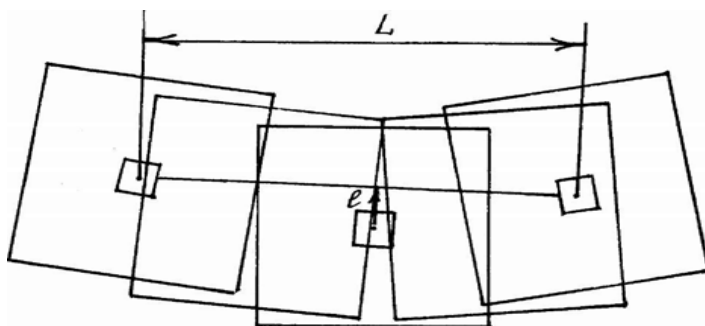


Рисунок 5. Непрямолинейность маршрута

После этого измеряют уклонение  $l$  от этой прямой главной точки наиболее удаленного снимка. Это уклонение называют стрелкой прогиба маршрута. Отношение уклонения к длине маршрута, выраженное в процентах, есть непрямолинейность маршрута, которое находится по формуле:

$$n = l \cdot 100\% / L$$

Величина уклонения  $n$  не должна превышать 2 %.

3.3. Разворот снимка относительно направления маршрута «елочка»  $\epsilon$  можно определять двумя способами: первый — путем измерения угла  $\epsilon$  между линией  $xx$ , соединяющей координатные метки снимка, и базисом фотографирования (рис. 6); второй — измерение угла между осью маршрута и поперечной стороной снимка. Угол отклонения  $\epsilon$  измеряют транспортиром. Допустимый угол «елочки» при фокусном расстоянии 100мм не должен превышать  $5^\circ$ .

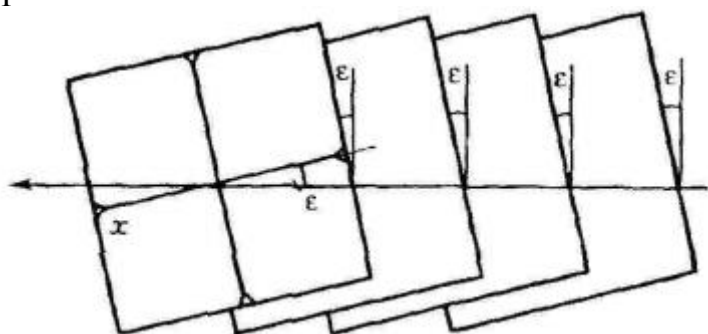


Рисунок 6. Схема определения разворота снимка относительно направления маршрута съемки («елочки»)

3.4. Углы наклона снимков можно определять по изображению круглого уровня в одном из углов снимка. Цена деления круглого уровня составляет  $30'$ . При плановой аэросъемке угол  $a$  не должен превышать  $3^\circ$ .

3.5. Определение базиса фотографирования и разномасштабности аэроснимков.

Находят главные точки на двух смежных аэроснимках (рис. 7) и накалывают их. Главную точку смежного снимка наносят методом линейной засечки. Измерив  $b_1$  и  $b_2$  с точностью до 0,1 мм, вычисляют разномасштабность аэроснимков по формуле:

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{b_1 - b_2}{b_1} \cdot 100\%$$

Допускается разномасштабность до 2-3 %.

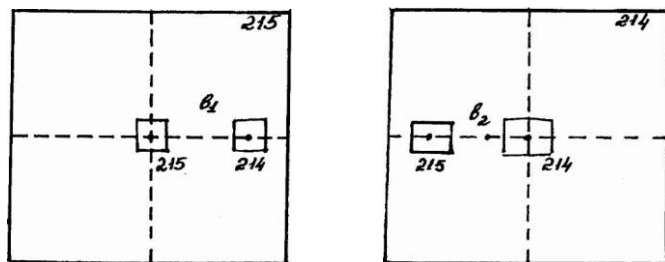


Рисунок 7. Оценка разномасштабности аэроснимков

Составляется заключение о фотограмметрическом качестве аэро съемки.

### **Контрольные вопросы.**

1. На каком этапе получения изображения человек может активно влиять на его качество?
2. Будет ли изображение, полученное при ясной солнечной погоде и при сплошной облачности, иметь одинаковые изобразительные свойства?
3. Как объектив влияет на качество изображения?
4. Что называется продольным перекрытием?
5. Что называется поперечным перекрытием?

### **Практическая работа № 3**

**Тема: Расчет плановой аэрофотосъемки (АФС) и подготовка рабочей карты для ее выполнения.**

**Цель работы:** Ознакомиться с методикой расчета элементов плановой аэрофотосъемки и подготовка рабочей карты для фотографирования местности.

**Содержание работы:** Провести расчет элементов плановой аэрофотосъемки и нанести на рабочую карту границы съемочного участка, оси маршрутов и центры аэрофотоснимков.

**Норма времени:** 8 часов.

#### **1. Расчет плановой аэрофотосъемки**

В данной работе каждому студенту выдаются следующие исходные данные для расчета:

- географическая широта участка аэрофотосъемки
- топографическая карта масштаба 1:50 000 (рабочая карта);
- номенклатура съемочного участка;
- масштаб аэрофотосъемки (1:m, m=8 000);
- масштаб создаваемой топографической карты (1:M, M=10 000);
- фокусное расстояние камеры аэрофотоаппарата ( $f_k$ );
- формат кадра ( $l_x \cdot l_y$ ; 18 x18);
- нормативное продольное перекрытие ( $P_{x \text{ норм}}$ );
- съемочная скорость самолета (W).

Границы съемочного участка задаются номенклатурой и должны совпадать с рамками трапеций государственной картографической разграфки.

Аэрофотосъемку ведут маршрутами максимальной длины, так как в этом случае уменьшается количество зарамочных аэрофотоснимков, число заходов с маршрута на маршрут, а следовательно уменьшается съемочное время, объем фотографических, геодезических и фотограмметрических работ. Оси крайних маршрутов намечают по длинным границам съемочного участка. Расстояние между смежными маршрутами на местности должно обеспечивать заданное поперечное перекрытие.

Самолет пролетает по осям маршрутов и через определенные интервалы времени, то есть через определенные расстояния производится фотографирование.

Рассчитывают все основные параметры аэрофотосъемки, к которым относятся:

- длина участка съемки;
- ширина участка съемки;
- отметка средней плоскости участка;
- максимальное превышение над средней плоскостью участка;
- масштаб аэрофотосъемки;
- фокусное расстояние камеры аэрофотоаппарата;
- формат кадра аэрофотоаппарата;
- средняя высота фотографирования;
- абсолютная высота фотографирования;
- высота полета над аэродромом;
- продольное перекрытие аэрофотоснимков;
- поперечное перекрытие аэрофотоснимков;
- продольный базис фотографирования в масштабе аэрофотоснимка;
- поперечный базис фотографирования в масштабе аэрофотоснимка;
- продольный базис фотографирования на местности;
- поперечный базис фотографирования на местности;
- количество аэрофотосъемочных маршрутов;
- количество аэрофотоснимков в одном маршруте;
- количество аэрофотоснимков на весь участок;
- требуемое количество фотопленки;
- интервал между экспозициями;
- максимальная допустимая выдержка;
- длина всех маршрутов;
- расчетное съемочное время;
- площадь местности, покрываемая одним аэрофотоснимком;
- рабочая площадь аэрофотоснимка;
- площадь фотографируемого участка.

На основании номенклатуры участка аэрофотосъемки на топографической карте 1:50 000 определяют границы съемочного участка и составляют картограмму объекта аэрофотосъемки (рис.8), которую вычерчивают синей тушью. На картограмме участок, подлежащий аэрофотосъемке, покрывают штриховкой.

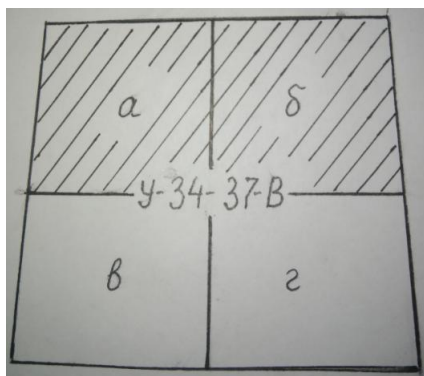


Рисунок 8. Картограмма объекта аэрофотосъемки

Масштаб создаваемой топографической карты 1:10 000. Размер наименьшего съемочного участка- одна трапеция масштаба 1:25 000.

1. Определяют длину( $l_1$ ) и ширину( $l_2$ ) съемочного участка на карте, и длину( $L_1 = l_1 \cdot M$ , где  $M$ -знаменатель масштаба карты) и ширину( $L_2 = l_2 \cdot M$ ) участка на местности.

2. Определяют отметку средней плоскости  $A_{\text{ср.пл.}}$  (рис.1), для чего в пределах участка находят на карте самую высокую отметку точки  $A_{\text{max}}$  и самую низкую  $A_{\text{min}}$  (командные высоты и урезы воды в расчет не берут).

$$A_{\text{ср.пл.}} = \frac{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}{2} \quad (\text{метров})$$

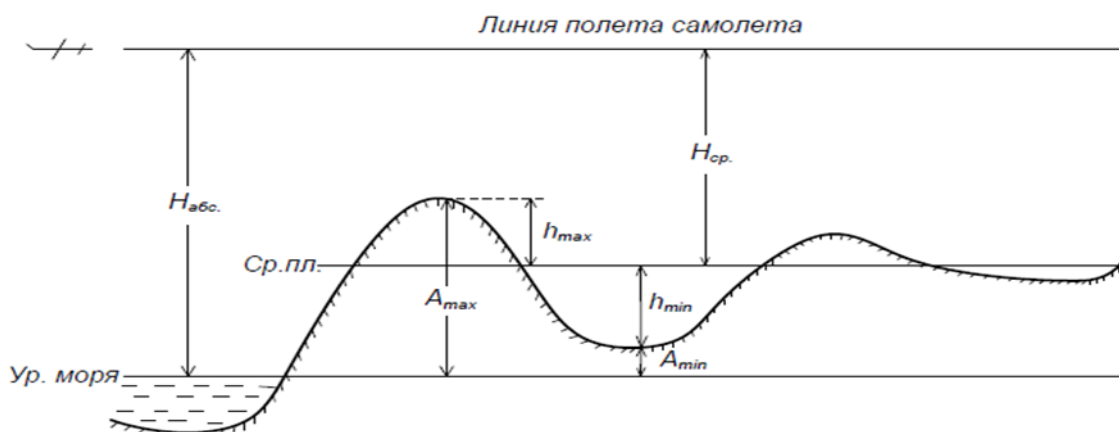


Рисунок 9 Высота фотографирования

3. Определяют максимальное превышение над средней плоскостью участка(рис.9):

$$h_{\text{max}} = \frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{2} \quad (\text{метров})$$

4. Определяют абсолютную высоту фотографирования над уровнем моря (рис.9), с учетом ранее вычисленной средней высоты фотографирования:

$$H_{\text{абс}} = H_{\text{ср}} + A_{\text{ср.пл.}}$$

Среднюю высоту фотографирования  $H_{\text{ср}}$  (рисунок 9) определяют по формуле:

$$H_{\text{ср}} = m \cdot f_k,$$

где  $m$  - знаменатель масштаба аэрофотосъемки;

$f_k$  - фокусное расстояние камеры аэрофотоаппарата.

5. Определяют высоту полета над аэродромом:

$$H_a = H_{абс.} - H_a'$$

где  $H_a$  - отметка аэродрома, которую берут с карты.

6. Определяют продольное перекрытие исходя из нормативного. Если нормативное продольное перекрытие 60%, то для расчета используют соответственно следующие формулы:

$$P_x = 60\% + 40\% \frac{h_{max}}{H_{cp}}$$

Определяют поперечное перекрытие по формуле:

$$P_y = 30\% + 70\% \frac{h_{max}}{H_{cp}}$$

7. Для выдерживания заданного поперечного перекрытия необходимо строго выдерживать расчетную высоту фотографирования, выполнять маневр захода на маршрут так, чтобы сразу в начале маршрута было обеспечено заданное поперечное перекрытие и точно на заданном расстоянии от предыдущего маршрута проложить очередной аэрофотосъемочный маршрут. Это расстояние называется поперечным базисом фотографирования, обозначается  $B_y$  и равно расстоянию между осями маршрутов на местности. В масштабе аэрофотоснимка поперечный базис обозначается  $b_y$ .

Определяют продольный и поперечный базисы фотографирования в масштабе аэрофотоснимка:

$$b_x = \frac{l_x(100\% - P_x)}{100\%}$$

$$b_y = \frac{l_y(100\% - P_y)}{100\%},$$

где  $l_x$  и  $l_y$  - размеры сторон кадра по осям  $x$  и  $y$ .

8. Определяют продольный и поперечный базисы фотографирования на местности:

$$B_x = b_x \cdot m$$

$$B_y = b_y \cdot m$$

9. Определяют количество маршрутов на съемочном участке:

$$K = \frac{L_y}{B_y} + 1$$

10. Определяют количество аэрофотоснимков в маршруте:

$$n = \frac{L_x}{B_x} + 3$$

11. Определяют количество аэрофотоснимков на весь съемочный участок:

$$N = n \cdot k$$

При расчете количества маршрутов и количества аэрофотоснимков в маршруте полученные результаты округляют до целых чисел в большую сторону.

12. Определяют требуемое количество погонных метров аэрофотопленки, принимая расстояния между кадрами 1 см:

$$l = (l_x + 1 \text{ см}) \cdot N$$

13. Определяют интервал между экспозициями:

$$T = B_x / W \text{ (сек)},$$

где  $W$  - скорость самолета.

14. Определяют максимально допустимую выдержку:

$$\tau = \frac{\text{доп. } \delta \cdot H_{\text{ср.}}}{f_k \cdot W}$$

где доп.  $\delta$  - допустимая величина «смаза» изображения, принимаемая для расчета 0,02 миллиметра.

15. Определяют длину всех маршрутов:

$$L = K(L_x + 3B_x)$$

16. Определяют съемочное время:

$$T_s = L / W$$

17. Определяют площадь, покрываемую одним аэрофотоснимком:

$$S = l_x \cdot l_y \cdot m^2$$

18. Определяют рабочую площадь аэрофотоснимка:

$$S_{\text{раб}} = B_x \cdot B_y$$

19. Определяют площадь всего фотографируемого участка:

$$S_{\text{уч}} = L_x \cdot L_y$$

20. Определяют удаление оси первого маршрута от границы участка:

$$l'_y = \frac{B_y(K-1) - L_y}{2}$$

21. Определяют удаление центра первого аэрофотоснимка от границы участка по оси маршрута:

$$l'_x = \frac{B_x(n-1) - L_x}{2}$$

## 2. Подготовка рабочей карты

По расчетным параметрам аэрофотосъемки готовят рабочую карту для фотографирования участка местности. Для этого на карту наносят оси маршрутов и центры аэрофотоснимков.

Положение оси первого маршрута на карте находят следующим образом: от длинной границы участка откладывают отрезок ( $l_y$ ) в масштабе карты и проводят через конец отрезка ось первого маршрута параллельно стороне участка. Ось второго и всех последующих маршрутов проводят параллельно оси первого маршрута через расстояния равные поперечному базису фотографирования  $B_y$  в масштабе карты.

После нанесения осей маршрутов находят на них положение центров аэрофотоснимков. От границы участка по оси маршрута откладывают расчетное расстояние  $l_x$  в масштабе карты и отмечают положение центра первого аэрофотоснимка (рисунок 10). От него через расчетные расстояния, равные продольному базису фотографирования  $B_x$  в масштабе карты отмечают положение второго и всех последующих центров аэрофотоснимков

по оси маршрута. И так находят положение центров всех аэрофотоснимков на всех маршрутах. Центры аэрофотоснимков показывают на осях маршрутов квадратиками размером 2х2мм с точкой в центре квадратика красной тушью.

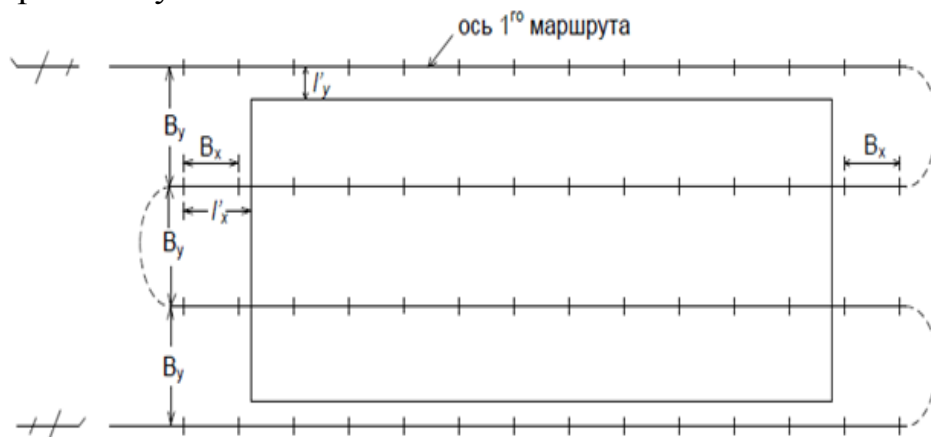


Рис.10 Нанесение положения осей маршрутов и центров аэрофотоснимков на рабочую карту.

#### Практическая работа №4

##### Тема: Построение перспективы заданных элементов

**Цель работы:** Изучить закономерности получения изображения объектов местности на аэрофотоснимке методом центрального проектирования.

##### Задание:

1. Ознакомиться с расположением основных плоскостей, проектирующих лучей, точек и линий центральной проекции. Начертить схему основных элементов центральной проекции.
2. Построение перспективы отрезка предметной плоскости по вариантам.

##### 1. Схема основных элементов центральной проекции.

Порядок выполнения:

Если точки пространства проектируют на какую-либо поверхность  $P$  лучами, сходящимися в одной точке  $S$ , называемой центром проекции, то такой способ проектирования называется центральным. На снимках, полученных с помощью кадровых съемочных систем, изображение строится по законам центрального проецирования (Рис.11).



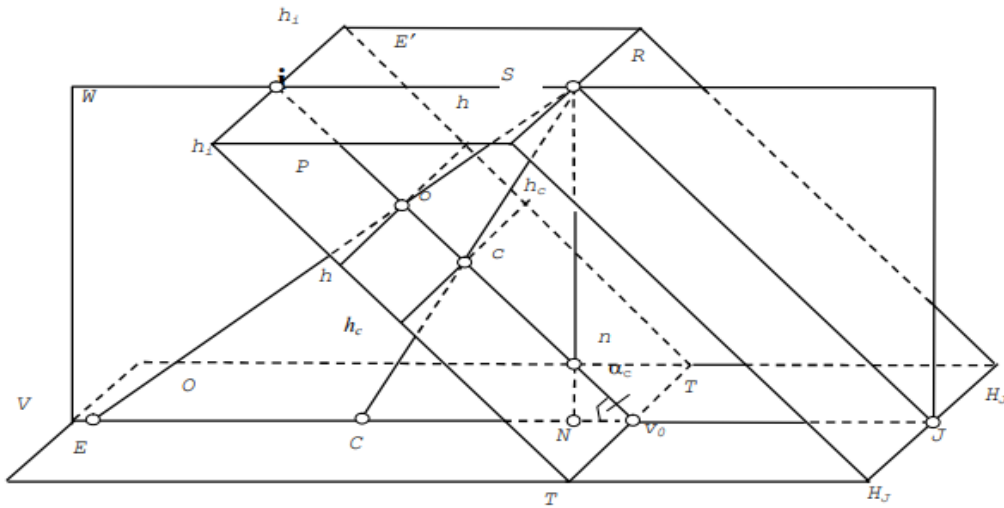


Рис. 11 Основные элементы центральной проекции

$E$  – предметная плоскость, содержащая проектируемые объекты (в фотограмметрии это горизонтальный участок земной поверхности);

$P$  – картинная плоскость, в которой строится изображение объектов (в фотограмметрии это плоскость аэроснимка);

$S$  – центр проекции;

$TT$  – основание картины, или ось перспективы – линия пересечения предметной и картинной плоскостей;

$W$  – плоскость главного вертикала, проходящая через центр проекции перпендикулярно к предметной и картинной плоскостям;

$v_0$  – главная точка основания картины – точка пересечения основания картины  $TT$  с плоскостью главного вертикала  $W$ ;

$E'$  – плоскость действительного горизонта, проходящая через центр проекции  $S$  параллельно предметной плоскости;

$h_1h_1$  – линия действительного горизонта, сечение картинной плоскости с плоскостью действительного горизонта;

$i$  – главная точка схода, пересечение линии действительного горизонта  $h_1h_1$  с картинной плоскостью;

$v_0i$  – главная вертикаль, линия пересечения картинной плоскости с плоскостью главного вертикала;

$v_0V$  – проекция главной вертикали, линия пересечения предметной плоскости с плоскостью главного вертикала (направление съемки);

$R$  – разделяющая плоскость, проходящая через центр проекции параллельно картинной плоскости;

$H_1H_1$  – линия картинного горизонта, линия пересечения предметной плоскости и разделяющей;

$J$  – главная точка схода предметной плоскости, точка пересечения линии картинного горизонта с разделяющей плоскостью;

$So$  – главная оптическая ось съёмочной камеры, проходящая через центр проекции перпендикулярно картинной плоскости. Отрезок  $So$  равен фокусному расстоянию съёмочной камеры  $f$ ;

$o$  – главная точка картинной плоскости (аэроснимка), точка пересечения главной оптической оси с картинной плоскостью;

$O$  – проекция главной точки картинной плоскости, точка пересечения главной оптической оси с предметной плоскостью;

$n$  – точка надира, точка пересечения картинной плоскости с отвесной линией, опущенной из центра проекции;

$N$  – проекция точки надира, точка пересечения предметной плоскости с отвесной линией, опущенной из центра проекции.

Отрезок  $SN$  соответствует высоте фотографирования;

$\alpha_c$  – угол наклона картинной плоскости (аэроснимка), отсчитываемый между главной оптической осью и отвесной линией;

$c$  – точка нулевых искажений, точка пересечения биссектрисы угла наклона картинной плоскости, отсчитываемого в точке  $S$ , с главной вертикалью;

$C$  – проекция точки нулевых искажений, точка пересечения предметной плоскости с биссектрисой угла наклона снимка, отсчитываемого в точке  $S$ .

Любая прямая картинной плоскости, проходящая параллельно основанию картины, называется горизонталью. Горизонталь  $hh$ , проходящая через главную точку аэроснимка, называется главной горизонталью, а проходящая через точку нулевых искажений ( $h_c h_c$ ) – линией неискаженных масштабов.

## 2. Построение перспективы отрезка предметной плоскости

Исходные данные по вариантам даны в Приложении 1.

В процессе решения задач по теории линейной перспективы все построения сначала выполняют карандашом, затем линии обводят тушью различных цветов. Все точки и линии в предметной плоскости и в плоскости действительного горизонта вычерчивают чёрной тушью, в картинной плоскости – красной, а проектирующие лучи – зелёной. Элементы центральной проекции – обводят чёрной тушью.

Порядок выполнения:

В предметной плоскости дана прямая  $AB$ , и требуется построить ее проекцию  $ab$  в картинной плоскости (рис. 12).

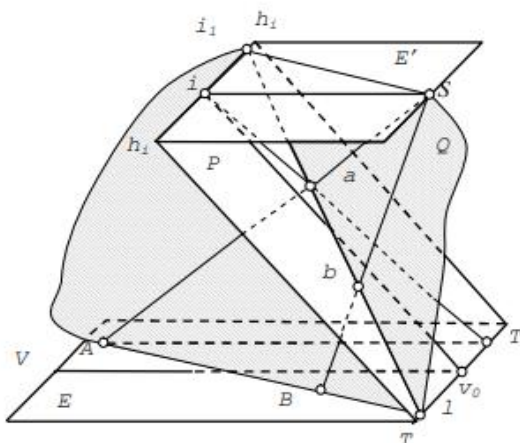


Рисунок 12

1. найти двойную точку(1), продолжив прямую (AB) до пересечения с основанием картины(ТТ);
2. отыскать точку схода проекции прямой( $i_1$ ), проведя параллельную ей линию из центра проекции(S) до пересечения с линией действительного горизонта( $E'$ );
3. провести направление перспективы, соединив двойную точку(1) с точкой схода( $i_1$ );
4. провести в концы прямой (А и В) предметной плоскости проектирующие лучи (SA и SB), пересечение которых с направлением перспективы даст искомую проекцию(ab).

### **Практическая работа № 5**

**Тема: Стереоскопическое наблюдение снимков с проведением горизонталей.**

**Исходные материалы и данные:** пара аэрофотоснимков.

**Задание 1.** Получение стереозффекта и нанесение на снимок скелета рельефа.

Порядок выполнения:

1. Ориентировать под стереоскопом пару снимков, расположив их перекрывающимися частями внутрь. Изучить по стереомодели общий рельеф.
2. Выявить и вычертить на правом снимке пунктирными линиями красного цвета водоразделы, линиями синего цвета – водотоки. Совокупность всех линий – скелет рельефа.

**Задание 2.** Проведение горизонталей под стереоскопом.

**Порядок выполнения:**

Пользуясь скелетом рельефа провести горизонталю на перекрывающейся части правого снимка прорисовывая микроэлементы рельефа по стереомодели.

### **Практическая работа № 6**

**Тема: Определение приближенных значений продольных и взаимных поперечных углов наклона аэрофотоснимков**

**Цель работы:** научиться определять углы наклонов аэроснимков.

**Исходные данные:** тип АФА, аэроснимки.

**Общие сведения:** Для определения продольных углов наклона на перекрывающейся части двух смежных аэроснимков выбирают по две пары идентичных точек 1 и 2, 3 и 4, 1' и 2', 3' и 4' с таким расчетом, что бы линии, соединяющие точки 1 и 2 на левом и точки 3 и 4 на правом аэрофотоснимке, находились не далее 2-3 мм от соответствующих главных точек  $O_1$  и  $O_2$ .

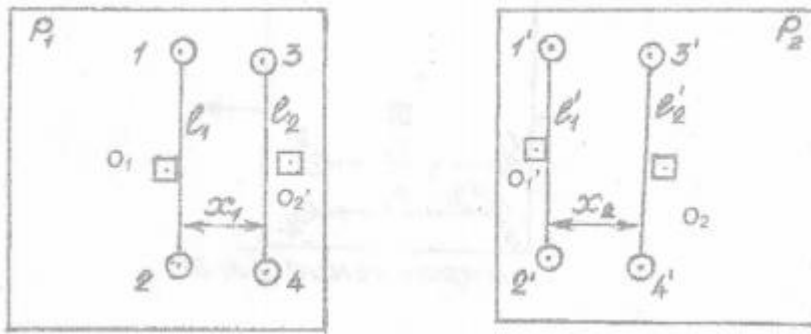


Рисунок 13.

Расстояние  $l_1, l'_1, l_2, l'_2$  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 этого измеряют с точностью до 1 мм расстояние  $x_1$  и  $x_2$  между этими линиями.

Для определения взаимных поперечных углов наклона на перекрывающейся части двух смежных аэрофотоснимков соседних маршрутов выбирают по две пары идентичных точек: на одном точки 1 и 2, 3 и 4, на другом - точки 1' и 2', 3' и 4'. При этом линии соединяющие точки 1 и 2, 3 и 4, равные соответственно  $l_1$  и  $l_2$ , должны быть примерно параллельны направлению маршрута, и находиться одна от другой на наибольшем расстоянии  $\Delta y$ . Отрезки  $l_1, l'_1, l_2, l'_2$  измеряют с точностью до 0,1 мм, а расстояние между ними  $\Delta y_1$  и  $\Delta y_2$  — с точностью до 1 мм.

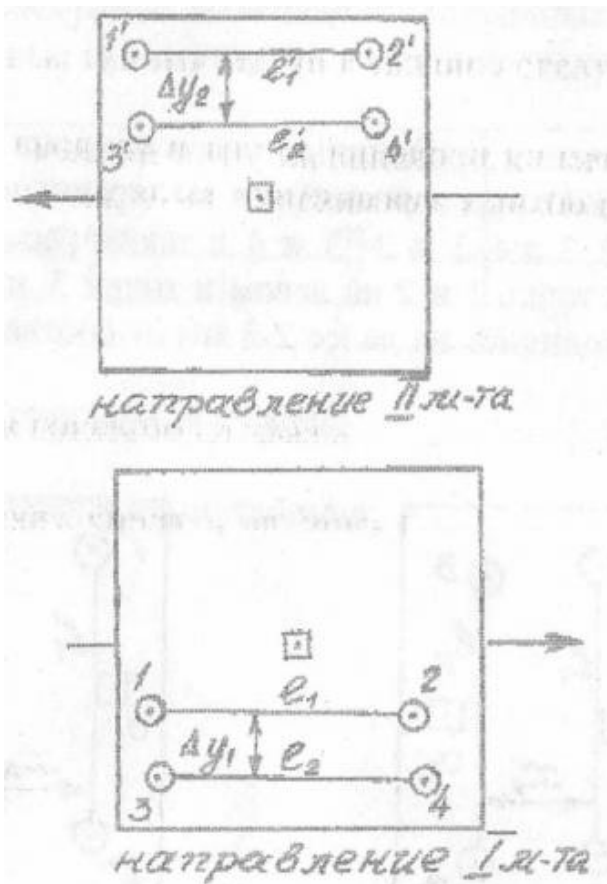


Рисунок 14.

### **Рабочие формулы:**

Приближенные значения продольных углов наклона аэрофотоснимков вычисляются по формулам:

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{l'_2 - l_2}{l_2 \cdot x_1} \cdot f \cdot \rho ; \quad \alpha_{\text{п}} = \frac{l'_1 - l_1}{l_1 \cdot x_2} \cdot f \cdot \rho$$

где  $f$  - фокусное расстояние аэрофотоаппарата;  $\rho = 3438'$

Приближенное значение взаимного поперечного угла наклона вычисляется по формуле:

$$\Delta\omega = \frac{(l'_1 - l_1) - (l'_2 - l_2)}{l_{\text{ср}} \cdot \Delta y_{\text{ср}}} \cdot f \cdot \rho$$

где

$$l_{\text{ср}} = \frac{l_1 + l'_1 + l_2 + l'_2}{4} ; \quad \Delta y_{\text{ср}} = \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2}$$

### **Порядок выполнения:**

1. Выбрать по две пары идентичных точек, на двух смежных аэроснимках. Произвести измерения.
2. Определить согласно формул продольные углы наклона.
3. Выбрать на перекрывающихся частях двух смежных аэроснимков соседних маршрутов по две пары идентичных точек.
4. Произвести измерения и определить взаимный поперечный угол наклона.
5. Выбранные точки оформить на оборотной стороне снимка, кружком диаметром - 5 мм.
6. Свести результаты измерений и вычислений в таблицу.

Материалы, представляемые к сдаче: вычисления углов наклона, схемы расположения точек, аэроснимок с оформленными точками.

### **Практическая работа №7**

#### **Тема: Изготовление одномаршрутной фотосхемы**

**Цель работы:** Изучить назначение и изготовление одномаршрутной фотосхемы.

**Задание:** Изготовить одномаршрутную фотосхему равнинного участка местности.

**Исходные данные:** пара аэроснимков.

#### **Общие сведения.**

Фотосхемой называется фотографическое изображение местности, полученное из рабочих площадей контактных, увеличенных или приведенных к масштабу аэрофотоснимков. При значительной разномасштабности конкретных снимков они могут быть приведены примерно к одному масштабу по соответственным отрезкам на их перекрытиях. Но если учесть, что съемку, как правило, выполняют в масштабе, значительно отличающемся от масштаба картографирования, то можно считать приведенные фотосхемы чисто теоретическими. Фотосхемы в производственных предприятиях изготавливают преимущественно

одномаршрутные. Если возникает необходимость в обеспечении фотосхемами территорий, выходящих по площади за пределы одномаршрутной фотосхемы, то монтируют несколько одномаршрутных фотосхем. Наклеивают их на основу одну под другой. Это позволяет избежать в некоторых случаях значительных расхождений ситуационных элементов в полосе поперечного перекрытия фотосхемы. Маршрутные границы рабочих площадей фотосхем, проведенные по их идентичным точкам, могут существенно различаться по их начертанию.

Фотосхемы можно использовать только как приближенный план местности, так как кроме искажений, присущих аэрофотоснимкам, из которых они составлены, здесь имеются дополнительные погрешности их монтажа. Главное преимущество фотосхем – в оперативности их изготовления – сразу после проведения аэрофотосъемки при наличии простейших инструментов и материалов. Фотосхемы можно использовать на различных стадиях землеустроительных и кадастровых работ, могут быть использованы при проектировании дорог местного значения, для мониторинга за освоением проектов и т. д.

В зависимости от назначения, масштаба аэрофотосъемки и площади объекта изготавливают либо одиночный увеличенный аэрофотоснимок, либо одномаршрутную фотосхему, либо многомаршрутную.

Различают два способа монтажа фотосхем – по соответственным точкам и по начальным направлениям.

Первый способ может быть реализован в двух вариантах – индивидуальной и совместной обрезки снимков.

### Порядок выполнения работы:

1. Делают монтаж 1-го и 2-го снимков маршрута, с тем чтобы, наложив первый снимок на второй, добиться совмещения одноименных контуров (рис. 15, а). Намечают приблизительно середину двойного продольного перекрытия.

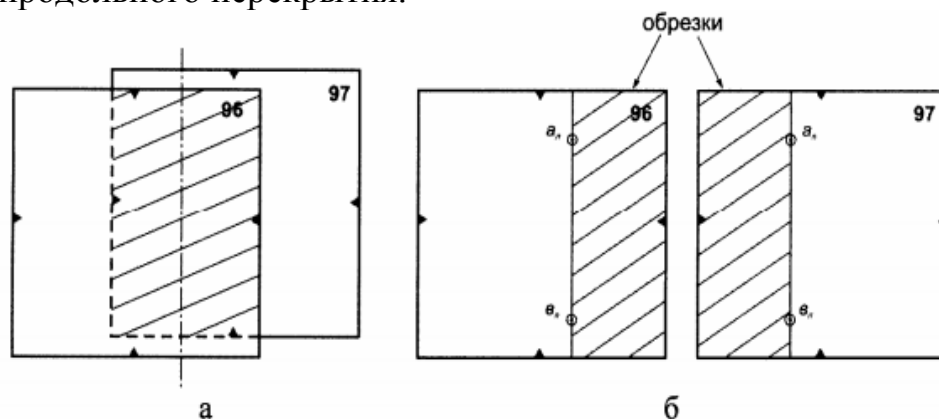


Рисунок 15. Накладной монтаж 1-го и 2-го снимков.

2. Раздвигают аэроснимки и вблизи линии середины двойного продольного перекрытия на расстоянии 1,5–2,5 см от верхнего и нижнего краев снимков опознают две одноименные точки четких контуров на левом ( $a_{л}$ ,  $b_{л}$ ) и правом ( $a_{п}$ ,  $b_{п}$ ) снимках (рис. 15, б). Накальывают эти точки. Чтобы

избежать вырезов, т.е. пропуска ситуации, точки а и в выбирают на высоких участках местности.

3. Приложив линейку к точкам  $a_{л}$ ,  $b_{л}$ , скальпелем обрезают левый снимок (96), а затем правый снимок (97). Обрезки снимков 96 и 97 заштрихованы на рис. 11,б.

4. Оставшуюся часть снимка 97 и остальные снимки обрезают способом совместной обрезки. Для этого из них изготавливают накидной монтаж, т.е. монтируют эти снимки последовательно способом мельканий, совмещая контурные точки, расположенные на середине продольных перекрытий и на наиболее высоких местах. По мере монтирования аэроснимки закрепляют грузиками. Правильность монтирования проверяют наколом нескольких контурных точек, которые выбирают приблизительно на серединах перекрытий.

Произвести нарезку аэроснимков по серединам продольных перекрытий: оба снимка режут однократным движением скальпеля. Формы порезов могут быть различны: зигзагообразная, криволинейная и комбинированная (рис. 16).

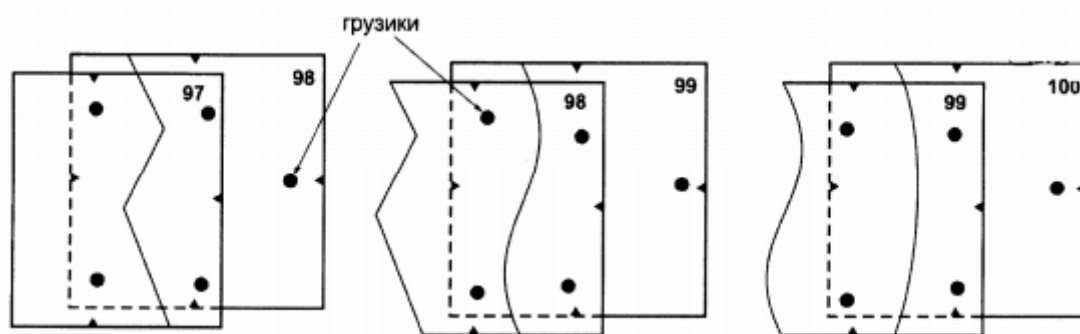


Рисунок 16. Варианты обрезков аэроснимков.

Произвести порез снимков методом совместной обрезки сначала по всем продольным перекрытиям. Потом по поперечным перекрытиям выполнить между двумя смежными маршрутами за один приём. При этом к линиям пореза предъявляются следующие требования:

- линия пореза не должна пересекать линейные контуры под углами меньшими  $30^\circ$  или большими  $150^\circ$ ;
- порез не должен проходить по мелким контурам;
- линия пореза по возможности не должна проходить через населённые пункты;
- порез должен проходить по частям аэроснимков имеющих одинаковый тон.

На обрезанных частях аэроснимков подписывают с обратной стороны номер аэроснимка. В последующем эти обрезки используют для контроля фотосхемы.

Вырезанные центральные части наклеивают на основу. Необходимо тщательно следить, чтобы вдоль линии пореза не образовывалось щелей и наложений.

Обрезки аэроснимков сохранить для выполнения корректуры фотосхемы.

5. Центральные части аэроснимка (рабочие площади) наклеивают на лист плотной бумаги формата А3, совмещают одноименные контуры. Монтирование аэроснимков считается удовлетворительным, если вырезы не будут превышать 0,5 мм. Отступив 1–1,5 см от границ рабочей площади, обрезают лишние части аэроснимков.

### **Практическая работа № 8**

#### **Тема: Дешифрирование аэрокосмических снимков**

**Цель работы** – изучить методику камерального топографического дешифрирования аэроснимков.

**Исходные данные и материалы:** аэрофотоснимок, лупы для дешифрирования, инструкция по дешифрированию.

**Задание:** 1. Ознакомление с дешифровочными признаками объектов местности.

2. Отдешифрировать на аэроснимке элементы ситуации, содержание которых не вызывает сомнений, используя при этом дешифровочные признаки фотоизображения.

3. Составить для данного аэроснимка ведомость основных и вспомогательных признаков. Ведомость может быть составлена по следующей схеме (табл. 1)

#### **Порядок выполнения:**

1. Изучить основные теоретические положения по выполнению дешифрирования аэроснимков.

На аэроснимке провести синей тушью рабочую площадь в пределах которой предстоит выполнить камеральное дешифрирование.

2. Вычертить границы контуров согласно условным знакам в последовательности:

а) линейные объекты:

- дороги;
- элементы гидрографии;

в) площадные объекты:

- контуры населенных пунктов.
- растительность

При вычерчивании границ необходимо соблюдать допуски по точности проведения относительно видимой фотолинии и наименьшими площадями контуров, подлежащими дешифрированию. Каждому контуру (имеющему площадь более 10мм<sup>2</sup>) присвоить порядковый номер.

Образец ведомости камерального дешифрирования объектов

Таблица 1

Номер аэроснимка	Форма конура	Структура фотоизображения	Название объекта
1597	Прямоугольная	Линейная	Пашня



1575	Овальная	Зернистая	Лес
------	----------	-----------	-----

В ведомости отражаются прямые дешифровочные признаки, воспринимаемые исполнителем визуально.

### **Общие сведения.**

Под дешифрированием аэрофотоснимков понимают выявление, распознавание и определение характеристик объектов местности, изобразившихся на аэрофотоснимке.

По содержанию различают:

- топографическое;
- геологическое;
- геоморфологическое;
- гидрографическое;
- военное и т.д.

При топографическом дешифрировании выявляют те элементы местности, которые необходимы для создания топографической карты в заданном масштабе.

Основными признаками, которыми руководствуются при дешифрировании объектов, изображенных на аэроснимке, являются форма, размер, тон изображения, тень, относительное расположение предметов и т. д.

Форма контура – один из важнейших признаков, поскольку на аэроснимке предметы местности изображаются с сохранением подобия контуров. Подразделяется на определённую и неопределённую, прямоугольную, квадратную, овальную, линейную и т. д.

Размеры изображения уточняют сведения, даваемые его формой. Размеры зависят от масштаба аэроснимка, поэтому необходимо его определить. Однако многие объекты имеют одинаковую форму и размеры, поэтому необходимо применять другие признаки.

Форма и размеры изображения не всегда могут дать исчерпывающую информацию об объекте, поскольку многие объекты имеют одинаковую форму и размеры при разном их содержании (например, речка и проселочная дорога, шоссе и канал и т. д.), поэтому надо использовать и другие признаки, одним из которых является тон.

Под тоном понимают степень почернения изображения. Изображение контуров отличается одно от другого. Изображение почти белое – сухие дороги, заборы. Светло-серый тон – обнаженная сухая земля, мосты, освященные части крыши. Черный цвет – водное пространство, и чем чернее, тем больше глубина, мутная вода – получается серой. Растительность, изображается темно-серым тоном.

Тон как общий дешифровочный признак часто дополняется структурой (таблица 2).

Таблица 2

Основные структурные образования

Название структуры	Геометрическая характеристика	Содержание контура
Зернистая	Точечная (малые площади несколько мм <sup>2</sup> )	Лес, поросль, редколесье, сады, ягодники,
Пятнистая	Большие площади (несколько см <sup>2</sup> )	кустарники
Полосчатая	Широкие полосы	Болотные понижения, ячеистые пески и др.
Линейная	Линии, параллельные, прямые или искривлённые (узкие полосы, мм или доли мм)	Грядово-мочажниковые болота
Мозаичная	Сочетание участков разного фототона, размера и форм	Дороги, канавы, следы, уборки урожая и обработки пашни.
Мелкопятнистая	Мелкие площади	Населённые пункты, огороды и др.
сложная	Сочетание вышеперечисленных характеристик	Пастбище или сенокос кочковатый Массивы пашни, пастбищ, сенокосов солонцеватых

### *Контрольные вопросы*

1. Определение дешифрирования.
2. Классификация дешифрирования: виды, методы, способы.
3. Прямые и косвенные дешифровочные признаки.

### Список литературы

1. Владимиров В.М. Дистанционное зондирование земли: Учебное пособие /В.М.Владимиров, Д.Д.Дмитриев, О.А.Дубровская и др.; ред. В.М.Владимилова. - Красноярск: Сиб.федер.ун-т, 2014.- 196 с. – Режим доступа: <http://ru.b-ok.org/book/2905042/00b1a1>
2. Назаров А.С. Фотограмметрия: пособие для студентов вузов / А. С. Назаров, 2010. – 398с.
3. Обиралов А.И. Практикум по фотограмметрии и дешифрированию снимков. /А.И. Обиралов и [др.]. – М., 1990. – 286 с.
4. Обиралов А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование./ А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. – М., 2006. – 334 с. с ил.
5. Топографическое дешифрирование снимков: учеб-метод. пособие / Л. А. Головина, Д. С. Дубовик, 2011. - 59с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

№ маршрута	Дата аэрофотоъемки	№ конечных аэропунктов в маршруте	Число аэропунктов в маршруте	Фотографическое качество	Фотограмметрическое качество				
					Перекрытие max и min, %		«Елочка», град.	Непрямойность маршрута, %	Угол наклона снимков, град.
					Продольное	Поперечное			

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Номер варианта	Угол наклона снимка $\alpha, ^\circ$	H-высота фотоафирования, в мм	f – фокусное расстояние АФА, в мм	Номер варианта	Угол наклона снимка $\alpha, ^\circ$	H-высота фотоафирования, в мм	f – фокусное расстояние АФА, в мм
1	41	110	40	16	43	125	35
2	42	112	35	17	44	130	35
3	43	114	40	18	45	125	35
4	44	116	42	19	46	130	35
5	45	118	40	20	47	125	35
6	46	120	40	21	48	130	35
7	47	122	40	22	49	125	35
8	48	124	40	23	51	130	35
9	49	126	40	24	52	125	40
10	50	128	40	25	53	125	42
11	51	130	40	26	54	130	35
12	52	120	40	27	52	125	35
13	53	110	40	28	53	130	35
14	54	115	40	29	54	125	35
15	55	125	40	30	55	130	35