



П.А. Коковин

ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра землеустройства и кадастров

П.А. Коковин

ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

Методические указания
по выполнению практических работ по Фотограмметрии
и дистанционному зондированию земли для обучающихся
направления 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

Екатеринбург
2019

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.
Протокол № 2 от 5 октября 2018 г.

Рецензент – О.В. Сычугова, к. с.-х. наук, доцент кафедры лесной
таксации и лесоустройства.

Редактор Н.В. Рощина
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 25.04.19		Поз. 23
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 3,25	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Тема 1. Физические основы дистанционного зондирования земли	5
Тема 2. Подготовительные работы к аэрофотосъемке	9
Тема 3. Устройство аэрофотоаппарата	13
Тема 4. Составление накидного монтажа и оценка качества аэрофотоснимка	16
Тема 5. Геометрический анализ аэрофотоснимков	25
Тема 6. Изготовление восковки направлений и построение фототриангуляционного ряда	28
Тема 7. Изготовление одномаршрутной фотосхемы	33
Тема 8. Дешифрирование аэроснимков	39
Тема 9. Системы координат в фотограмметрии	48
Рекомендуемая литература	53

ВВЕДЕНИЕ

Фотограмметрия – наука, изучающая способы определения форм, размеров, пространственного положения и степени изменения во времени различных объектов по результатам измерений их фотографических изображений.

Термин «фотограмметрия» происходит от греческих слов: *photos* – свет, *gramma* – запись, *metreo* – измерение. Следовательно, его дословный перевод – «измерение светозаписи».

Предметы изучения фотограмметрии – это геометрические и физические свойства снимков, способы их получения и использования для определения количественных и качественных характеристик сфотографированных объектов, а также приборы и программные продукты, применяемые в процессе обработки.

Характеристики объекта могут изучаться по его изображению на одиночном снимке или по паре перекрывающихся снимков, полученных из различных точек пространства.

Если при изучении объекта используются свойства одиночного снимка, то такой метод получения необходимой информации называют *фотограмметрическим*. Если же он изучается по паре перекрывающихся снимков, то метод называют *стереофотограмметрическим*.

В настоящее время в фотограмметрии выделяют три направления исследований. В первом изучаются и развиваются методы картографирования земной поверхности по снимкам. Второе связано с решением прикладных задач в различных областях науки и техники. В третьем развиваются технологии получения информации об объектах Земли, Луны и планет солнечной системы с помощью аппаратуры, установленной на космических летательных аппаратах. Задачи и методы последнего из указанных направлений существенно отличаются от первых двух и далее детально не рассматриваются.

Основными достоинствами фотограмметрического и стереофотограмметрического методов являются:

- высокая точность результатов, так как снимки объектов получают прецизионными фотокамерами, а их обработку выполняют, как правило, строгими методами;

- высокая производительность, достигаемая благодаря тому, что измеряют не сами объекты, а их изображения. Это позволяет обеспечить автоматизацию процесса измерений и последующих вычислений;

- объективность и достоверность информации, возможность при необходимости повторения измерений;

- возможность получения в короткий срок информации о состоянии как всего объекта, так и отдельных его частей;

- безопасность ведения работ, так как съемка объекта выполняется

неконтактным (дистанционным) методом. Это имеет особое значение, когда объект недоступен или пребывание в его зоне опасно для здоровья человека;

– возможность изучения движущихся объектов и быстро протекающих процессов.

Наряду с отмеченными достоинствами рассматриваемые методы имеют и недостатки. К ним следует отнести зависимость фотографических съемок от метеоусловий и необходимость выполнения полевых геодезических работ с целью контроля всех технологических процессов. Поэтому только разумное их сочетание с другими методами получения информации может обеспечить решение поставленной задачи с минимальными затратами труда и средств.

При разработке методических указаний использован опыт ФГБОУ ВПО УГЛТУ по организации проведения лабораторных занятий по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование».

ТЕМА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Цель работы: получить практические знания по выбору интервала электромагнитного спектра для выполнения различных задач дистанционного зондирования земли.

Задание: Обосновать и выбрать состав оборудования и диапазон электромагнитного спектра дистанционного зондирования земли для решения народнохозяйственных задач различной направленности.

1. Понятие и методы дистанционного зондирования территории

Дистанционное зондирование (ДЗ) означает получение информации о состоянии исследуемой территории по измеренным на расстоянии, без непосредственного контакта датчиков с поверхностью, характеристикам электромагнитного излучения.

Используется широкий диапазон излучений от 0,4 мкм – 30 м. В связи с этим используются различные средства съемки: фотографические, телевизионные, сканирующие, радиолокационные и др. Датчики могут быть установлены на космических аппаратах, самолетах и других носителях. Диапазон измеряемых электромагнитных волн – от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны).

Методы ДЗЗ (дистанционные методы зондирования земли):

- пассивные, т.е. использовать естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной радиацией;

- активные – использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия.

Сама возможность идентификации и классификации объектов по информации ДЗЗ основывается на том, что объекты разных типов – горные породы, почвы, вода, растительность и т.д. – по-разному отражают и поглощают электромагнитное излучение в том или ином диапазоне длин волн (рис. 1).



Рис. 1. Поглощение и отражение объектами ЭМ излучения

Данные ДЗЗ, полученные с датчиков космического базирования, характеризуются большой степенью зависимости от прозрачности атмосферы. Поэтому на космических аппаратах устанавливаются многоканальные датчики пассивного и активного типов, регистрирующие электромагнитное излучение в спектральных диапазонах, расположенных в «окнах прозрачности» земной атмосферы.

Методика тематического анализа данных ДЗЗ заключается в определении спектральных диапазонов, чувствительных к изменениям спектральных свойств целевых объектов и выборе зависимостей, связывающих значения дистанционно измеренных яркостей с искомыми параметрами среды (состав, влажность, структура почв при мониторинге почв, типы растительности, уровни вегетации, проективное покрытие при мониторинге фитоценозов, содержание фитопланктона, минеральных взвешенных веществ, органического вещества при мониторинге водной среды и т.п.). Достоверность количественных результатов анализа определяется тем, известны или нет на момент измерений точные значения коэффициентов зависимостей между параметрами среды и спектральными характеристиками целевых объектов. Наиболее часто встречающийся способ повышения

достоверности – проведение одновременно с космической съёмкой тестовых измерений на репрезентативных участках.

Оперативное дистанционное зондирование Земли методами аэро- и космической съёмки в кратчайшие сроки даёт людям информацию об изменении поверхности. Информация такого рода на большие территории служит для мониторинга как географических, так и техногенных процессов, анализ которых приносит значительную эффективность при управлении сферами человеческой жизнедеятельности.

Но в первую очередь аэрофотосъёмка находит широкое применение в топографии – научной дисциплине, занимающейся подробным изучением земной поверхности в геометрическом отношении и разработкой способов отображения этой поверхности на плоскости в виде топографических карт и планов. Практические работы по созданию оригинала топографических карт называются *топографическими съёмками*. Основным видом съёмки в целях картографирования территории России является аэрофототопографическая съёмка.

2. Электромагнитное излучение и его свойства

Солнечное излучение, достигая Земли, частично отражается ее поверхностью, а частично поглощается, превращается в тепловую энергию и составляет собственное излучение Земли. Отраженная и излучаемая Землей радиация имеет волновую и корпускулярную природу и представляет спектр электромагнитных колебаний. Часть спектра от 0,4 до 0,7 мкм воспринимается человеческим зрением и называется *видимой областью спектра*.

Цвет	Длина волны, мкм
Фиолетовый	0,40–0,45
Синий	0,45–0,49
Зеленый	0,49–0,58
Желтый	0,58–0,60
Оранжевый	0,60–0,62
Красный	0,62–0,70

Дистанционное зондирование земной поверхности – это наблюдение и фиксация информации об объектах исследования с помощью приборов, находящихся на аэро- или космических носителях. С помощью методов Дистанционного зондирования земной поверхности решаются разнообразные задачи изучения земной поверхности. Перечислим некоторые из них.

1. Изготовление карт и планов различных масштабов.
2. Определение геодезических координат изобразившихся точек земной поверхности.

3. Определение и уточнение границ изображаемых объектов.
4. Мониторинговые наблюдения различной направленности.
5. Обнаружение лесных пожаров и контроль за их распространением.
6. Наблюдения за конвективной облачностью с целью планирования искусственного вызывания дождя.
7. Контроль за состоянием снежного покрова.
8. Картографирование площадей чрезвычайных техногенных ситуаций природного и техногенного происхождения.
9. Выявление и картографирование площадей различных природных объектов для оценки ущерба, нанесенного стихийными бедствиями и техногенными катастрофами.
10. Выявление очагов вредителей и оценка степени повреждений сельскохозяйственным и лесным культурам.
11. Выявление очагов вредителей леса для выработки стратегии борьбы с ними.
12. Многоцелевое картирование земельных угодий.
13. Инвентаризация лесов и сельхозугодий.
14. Обеспечение маркшейдерской деятельности.
15. Контроль за незаконными рубками.
16. Планирование поле-, почвозащитных и водоохраных мероприятий.
17. Контроль за состоянием полезащитных полос.
18. Наблюдение за водным режимом крупных рек и водоемов.
19. Контроль за загрязнением земельных и водных ресурсов.
20. Наблюдение за фенологическим состоянием сельскохозяйственных и лесных культур.
21. Съёмка при неблагоприятных погодных метеоусловиях.
22. Метеонаблюдения за атмосферной облачностью.
23. Фенологические наблюдения и прогноз будущего урожая с/х культур.
24. Сбор информации для 3Д-кадастра.
25. Мониторинг нецелевого использования земель.

Для выполнения работы каждый студент получает индивидуальное задание по решению народнохозяйственных задач различной направленности. Задача исполнителя, исходя из теоретических знаний об основах дистанционного зондирования земли, обосновать диапазон электромагнитного спектра, в котором будет выполняться эта работа. Исходя из знаний оборудования, следует рекомендовать состав технических средств и основные параметры аппаратуры ДЗЗ. Индивидуальные задания студент получает от преподавателя.

ТЕМА 2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ К АЭРОФОТОСЪЕМКЕ (2 часа)

Цель работы: ознакомиться с методикой расчета элементов плановой аэрофотосъемки.

Задание: провести расчет элементов плановой аэрофотосъемки согласно индивидуальному заданию, которое выдал преподаватель.

1. Расчет элементов плановой аэрофотосъемки

Одним из важнейших процессов в подготовительных работах является расчет элементов аэрофотосъемки (табл. 1–4). Расчет элементов аэрофотосъемки проводится в лабораторных условиях на земле по следующим параметрам:

- H – высота полета (м);
- B – базис фотографирования (м);
- D – расстояние между маршрутами (м);
- N – число маршрутов (шт.);
- n – число аэрофотоснимков в одном маршруте (шт.);
- nx – общее число аэрофотоснимков за съемку (шт.);
- t – максимальная выдержка (сек.);
- T – интервал между экспозициями.

Для расчета параметров аэрофотосъемки необходимо иметь техническое задание на АФС. Краткое содержание основных данных технического задания представлено в табл. 1 (размер площади участка, ширина в км, длина в км, характеристики съемочной системы).

Таблица 1

Размер площади, подлежащей съемке (длина (A)×ширина (C), км)

Ед.	Дес.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	30×40	35×35	40×45	50×22	60×70	20×40	30×35	70×20	15×14	20×22
1	30×21	46×75	75×15	15×28	30×21	22×44	44×17	17×22	15×20	20×10
2	10×14	14×12	12×40	10×10	60×10	70×10	28×14	16×18	28×10	16×14
3	25×25	30×30	40×40	40×17	15×30	30×11	16×14	21×22	26×18	18×10
4	66×10	55×15	52×40	45×40	42×36	40×50	35×30	25×40	30×35	35×40
5	20×25	35×25	28×27	27×28	25×38	38×25	32×45	45×32	42×36	36×42
6	33×36	36×33	26×28	28×26	3×33	33×37	37×26	26×37	20×36	36×20
7	34×39	23×27	27×23	27×39	23×34	26×33	33×40	40×42	32×35	47×33
8	46×42	42×46	46×23	23×46	43×48	48×23	29×34	34×29	2×29	36×34
9	42×40	40×42	40×29	42×27	28×30	26×30	40×45	50×52	35×35	25×30

Таблица 2

Формат снимков (в см) и их продольное (dx) и поперечное (dy) перекрытие (в %)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	18×18	18×18	30×30	30×30	18×18	30×30	18×18	30×30	18×18	18×18
	60:40	60:35	65:30	58:40	57:40	62:35	61:40	63:38	64:35	65:39
1	30×30	18×18	18×18	30×30	30×30	18×18	18×18	30×30	18×18	18×18
	61:40	62×40	63×40	64×40	65×40	60×22	60×23	60×24	60×25	60×26
2	30×30	18×18	18×18	30×30	30×30	18×18	18×18	30×30	18×18	18×18
	60×27	60×28	60×30	60×31	60×32	60×33	60×34	60×35	60×37	60×38
3	18×18	18×18	18×18	30×30	30×30	18×18	30×30	18×18	30×30	18×18
	60×39	60×40	61×28	62×27	61×24	61:20	62×22	63×22	65×24	68×37
4	30×30	18×18	30×30	18×18	30×30	18×18	30×30	18×18	18×18	18×18
	58×22	58×33	58×23	58:24	58×40	58:37	59×20	58×32	60×20	59×40
5	30×30	30×30	30×30	18×18	18×18	30×30	18×18	30×30	18×18	30×30
	59×22	59:23	59:30	59:27	59:24	59:25	59:26	59:28	59:31	59:32
6	18×18	18×18	18×18	30×30	30×30	18×18	30×30	18×18	30×30	18×18
	59:40	59:39	59:38	59:37	59:36	59:35	59:34	63:22	63:21	63:23
7	30×30	30×30	18×18	18×18	18×18	30×30	30×30	30×30	18×18	30×30
	63:24	63:25	63:26	63:27	63:28	63:29	63:30	63:31	63:32	63:33
8	18×18	18×18	30×30	30×30	30×30	30×30	18×18	30×30	18×18	18×18
	63:40	63:39	63:38	63:37	63:36	63:35	64:22	64:25	64:27	64:30
9	30×30	30×30	30×30	18×18	18×18	18×18	18×18	30×30	30×30	30×30
	65:28	65:27	65:30	65::29	65:22	65:23	65:37	65:40	65:33	65:20

Таблица 3

Масштаб съемки (m) и фокусное (fk) расстояние съемочной системы (мм)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10000	30000	25000	10000	20000	10000	15000	5000	15000	10000
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	10000	30000	25000	10000	10000	15000	10000	5000	15000	10000
	200	200	200	200	100	200	200	200	200	200
2	15000	25000	30000	15000	10000	15000	10000	5000	15000	1000
	100	100	100	100	200	100	100	500	500	100
3	10000	25000	30000	25000	15000	10000	15000	15000	25000	15000
	500	200	200	200	100	200	200	100	100	200
4	15000	25000	25000	25000	15000	30000	30000	15000	25000	15000
	200	200	100	100	200	100	200	200	100	100
5	20000	20000	30000	10000	30000	10000	20000	15000	25000	15000
	100	100	200	100	100	500	200	500	200	200
6	20000	25000	10000	20000	10000	25000	20000	20000	30000	30000
	200	200	100	200	100	100	100	100	100	100

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	12000	10000	10000	10000	25000	25000	20000	25000	30000	30000
	100	100	100	100	100	200	200	200	200	200
8	10000	15000	20000	15000	25000	10000	25000	25000	25000	15000
	200	100	200	100	200	100	100	100	100	100
9	10000	25000	15000	25000	10000	25000	25000	25000	25000	15000
	200	200	100	100	100	200	100	200	200	200

Таблица 4

Скорость полета самолета (км/час)
и допустимый линейный сдвиг (δ) изображения (мм)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	120/ 0,05	130/ 0,05	140/ 0,05	150/ 0,05	160/ 0,05	170/ 0,05	130/ 0,1	140/ 0,1	150/ 0,1	160/ 0,1
1	125/ 0,05	135/ 0,05	145/ 0,05	155/ 0,05	165/ 0,05	170/ 0,05	180/ 0,05	125/ 0,1	135/ 0,1	145/ 0,1
2	165/ 0,1	175/ 0,1	185/ 0,1	140/ 0,1	145/ 0,05	165/ 0,05	175/ 0,05	165/ 0,1	60/ 0,05	165/ 0,05
3	180/ 0,05	195/ 0,1	185/ 0,1	180/ 0,05	195/ 0,05	195/ 0,05	120/ 0,05	160/ 0,05	165/ 0,1	170/ 0,05
4	195/ 0,05	190/ 0,01	195/ 0,05	200/ 0,05	195/ 0,1	120/ 0,1	135/ 0,1	125/ 0,05	160/ 0,05	195/ 0,05
5	120/ 0,1	125/ 0,1	160/ 0,05	135/ 0,1	120/ 0,1	100/ 0,05	120/ 0,1	140/ 0,1	120/ 0,05	160/ 0,1
6	165/ 0,1	160/ 0,05	120/ 0,1	160/ 0,05	170/ 0,05	160/ 0,05	170/ 0,05	125/ 0,05	155/ 0,05	160/ 0,05
7	200/ 0,05	200/ 0,1	200/ 0,05	200/ 0,01	125/ 0,05	120/ 0,1	180/ 0,1	180/ 0,05	185/ 0,05	180/ 0,05
8	180/ 0,1	180/ 0,1	195/ 0,1	190/ 0,1	165/ 0,1	160/ 0,1	165/ 0,05	120/ 0,05	125/ 0,1	160/ 0,05
9	160/ 0,1	175/ 0,1	180/ 0,05	20/ 0,05	125/ 0,05	160/ 0,05	165/ 0,1	175/ 0,1	180/ 0,05	185/ 0,05

Все расчеты проводятся по следующим формулам:

$$H = f k \times m, \quad (1)$$

где H – высота полета;

f_k – фокусное расстояние съёмочной системы;

m – масштаб снимка.

$$B = l \frac{(100 - d_x)}{100}, \quad (2)$$

где B – базис фотографирования;

d_x – продольное перекрытие;

l – длина стороны снимка.

$$D = l \frac{(100 - d_y)}{100} m, \quad (3)$$

где D – расстояние между маршрутами.

$$N = \frac{C}{D}, \quad (4)$$

где N – число маршрутов;

C – ширина участка.

$$n = \frac{A}{B}, \quad (5)$$

где n – число аэроснимков в одном маршруте;

A – длина маршрута.

$$n_x = N \cdot n, \quad (6)$$

где n_x – общее количество аэрофотоснимков за съемку.

$$t = \frac{\delta}{V}, \quad (7)$$

где δ – допустимый линейный сдвиг изображения;

V – путевая скорость самолета (м/сек.);

t – максимальная выдержка.

$$T = V/B, \quad (8)$$

где B – базис фотографирования;

V – скорость самолета.

По окончании расчета элементов плановой аэрофотосъемки заполняется бланк-задание на летно-съемочный работы в виде данных, представленных в табл. 5.

Бланк-задание на летно-съёмочные работы

№ маршрута	Высота полета	Базис фотографирова- ния	Расстояние между маршрутами	Число аэрофотоснимков в маршруте	Максимальная выдержка	Интервал между экспозициями	Скорость полета по маршруту

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные параметры расчета элементов аэрофото-
съемки.
2. Как определяется масштаб аэрофотоснимка?
3. С какой целью вводятся продольные и поперечные перекрытия на аэ-
рофотоснимках?
4. От чего зависит количество маршрутов аэрофото­съемки?
5. Какие существуют форматы аэрофотоснимков?

ТЕМА 3. УСТРОЙСТВО АЭРОФОТОАППАРАТА (2 часа)

Цель работы: изучить устройство аэрофотоаппарата.

Основным средством, позволяющим получить аэрофотоснимки, явля-
ется аэрофотоаппарат (АФА) – сложный высокоточный оптикомеханиче-
ский и электронный прибор. АФА не имеет приспособлений для наводки
на резкость, поскольку высота фотографирования всегда больше гипер-
фокального расстояния.

Типы и конструкции современных АФА различны, но все они в своей
основе имеют единую принципиальную схему, а основными их узлами
является корпус, конус, кассета и командный прибор (рис. 2). Корпус
АФА (1) служит для размещения механизмов, обеспечивающих работу
всех частей фотокамеры – счетчика кадров, часов, уровня, числового ин-
декса фокусного расстояния и др. В верхней части корпуса размещена
прикладная рамка, плоскость которой совпадает с главной фокальной
плоскостью объектива.

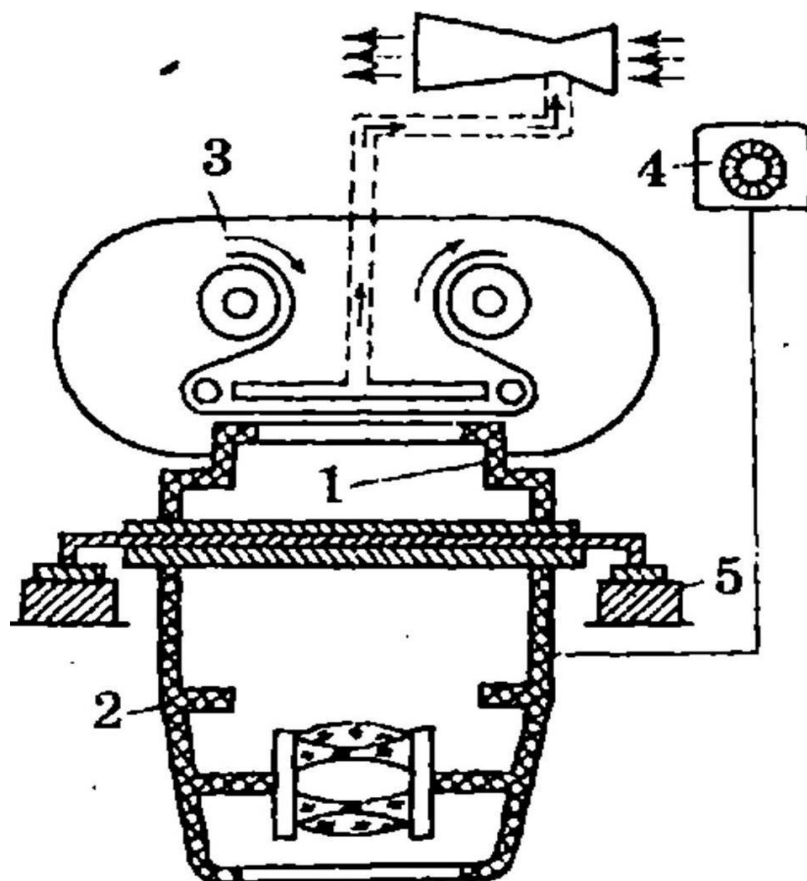


Рис. 2. Устройство аэрофотоаппарата

Конус АФА (2) крепится к нижней части корпуса и содержит оптическую систему, в которую входит объектив, светофильтры, компенсатор сдвига изображения и др.

Кассета (3) служит для размещения фотопленки и приведения ее светочувствительного слоя при экспонировании в соприкосновение с плоскостью прикладной рамки. В промежутке между экспозициями фотопленка перематывается с подающей катушки на принимающую. Перематываемый участок пленки соответствует формату кадра с учетом промежутка между кадрами. Выравнивание пленки в плоскость выполняется механическим прижимом к плоскому стеклу или путем откачивания воздуха из промежутка между пленкой и прикладной рамкой.

Командный прибор (4) предназначен для дистанционного управления всеми механизмами аэрофотоаппарата:

- 1) для измерения времени между точками фотографирования;
- 2) времени продолжительности экспозиции;
- 3) управления перемоткой аэрофотоплана;
- 4) управления применяемым устройством пленки и прикладной рамке камеры.

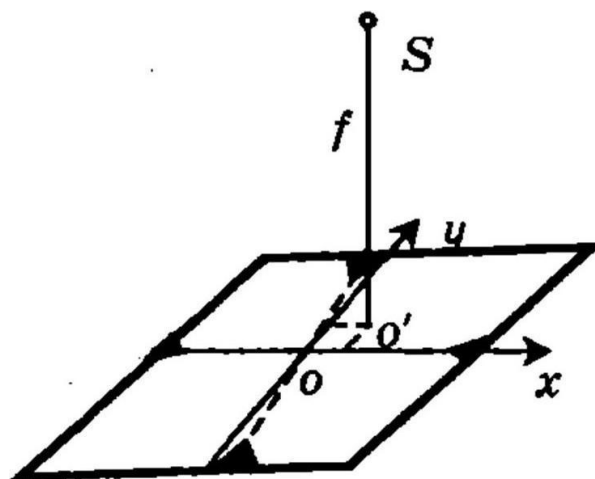


Рис. 3. Прикладная рамка аэрофотокамеры

В плоскости прикладной рамки размещены четыре механические координатные метки (рис. 3), изображающиеся на каждом снимке. Прямые, соединяющие противоположные метки, должны быть взаимно перпендикулярны, а точка их пересечения O – совпадать с главной точкой снимка O' .

Современные АФА имеют в плоскости прикладной рамки 4–8 оптических координатных меток, размещенных по углам кадра, или равномерно распределенную по полю сетку крестов с шагом 1–2 см. Причем оптические координатные метки имеют специальные признаки, что допускает автоматическое определение их номеров и распознавание точки, к которой отнесены координаты. Современные аэрофотоаппараты имеют формат кадра 18×18 , 23×23 или 30×30 см и оснащены специальными устройствами, обеспечивающими: аэрофотосъемку с заданным перекрытием; впечатывание в кадр сенситометрического клина и навигационных данных; автоматическое регулирование экспозиции; измерение контрастности изображения и компенсацию его сдвига; смену светофильтров; индикацию снимаемого ландшафта на мониторе и т. п.

Основные технические характеристики некоторых современных аэрофотоаппаратов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Характеристики АФА

Тип АФА	Фокусное расстояние, мм	Разрешающая способность линий, мм	Остаточная дисторсия, мкм
АФА ТЭС-10М (РФ)	100	33	10
АФА ТЭ-50 (РФ)	500	35	10
АТ-204(РБ)	150	50-100	3
RC Wild/Leica	153	120	2
RC Wild/Leica	305	107	2

В конце XX века начали появляться цифровые съемочные системы, основанные на использовании приборов с постоянной зарядовой связью в виде матриц или линеек, помещаемых в плоскости прикладной рамки.

Контрольные вопросы

1. Назначение аэрофотоаппаратов.
2. Из каких основных узлов состоит аэрофотоаппарат?
3. Какие основные характеристики съемочных камер?
4. Классификация фотографических съемочных систем.

ТЕМА 4. СОСТАВЛЕНИЕ НАКИДНОГО МОНТАЖА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЭРОФОТОСНИМКА (4 часа)

Цель работы: изучить методику составления накидного монтажа и оценить качество аэрофотоснимков маршрута.

Задание 1: составить накидной монтаж и определить величины продольного и поперечного перекрытия (1 час).

Задание 2: определить рабочую площадь снимка (1 час).

Задание 3: определить непрямолинейность маршрута и разворот снимка относительно направления маршрута «Елочка» (1 час).

Задание 4: оценить фотографическое качество аэрофотоснимков (0,5 часа).

Задание 5: определить средний масштаб аэрофотоснимков (0,5 часа).

Исходный материал: маршрутные аэрофотоснимки двух, трех маршрутов; топографическая карта более мелкого масштаба, чем аэрофотоснимки; линейки, измерители, наколки, транспортиры, грузики.

При аэрофототопографической съемке снимки местности получают путем ее фотографирования. Называют этот этап *летно-съемочным процессом* или *аэрофотосъемкой* (АФС), осуществляют его с самолёта или другого летательного аппарата.

Цель: получение не только фотоснимков, удовлетворяющих заранее поставленным требованиям, но и показаний специальных приборов, характеризующих их положение в момент экспонирования. В наземной фототопографической съемке фотографируют фототеодолитом, который устанавливается на штативе.

АФС можно классифицировать по количеству и расположению аэрофотоснимков (одинарная, маршрутная (рис. 4) и площадная), положению оптической оси аэрофотоаппарата (плановая и перспективная) и масштабу фотографирования (крупномасштабная – 1: 10000 и крупнее, среднемасштабная и мелкомасштабная – 1: 35000 и мельче).

Одинарная АФС – фотографирование отдельных сравнительно небольших участков земной поверхности, когда аэрофотоснимки не перекрываются.

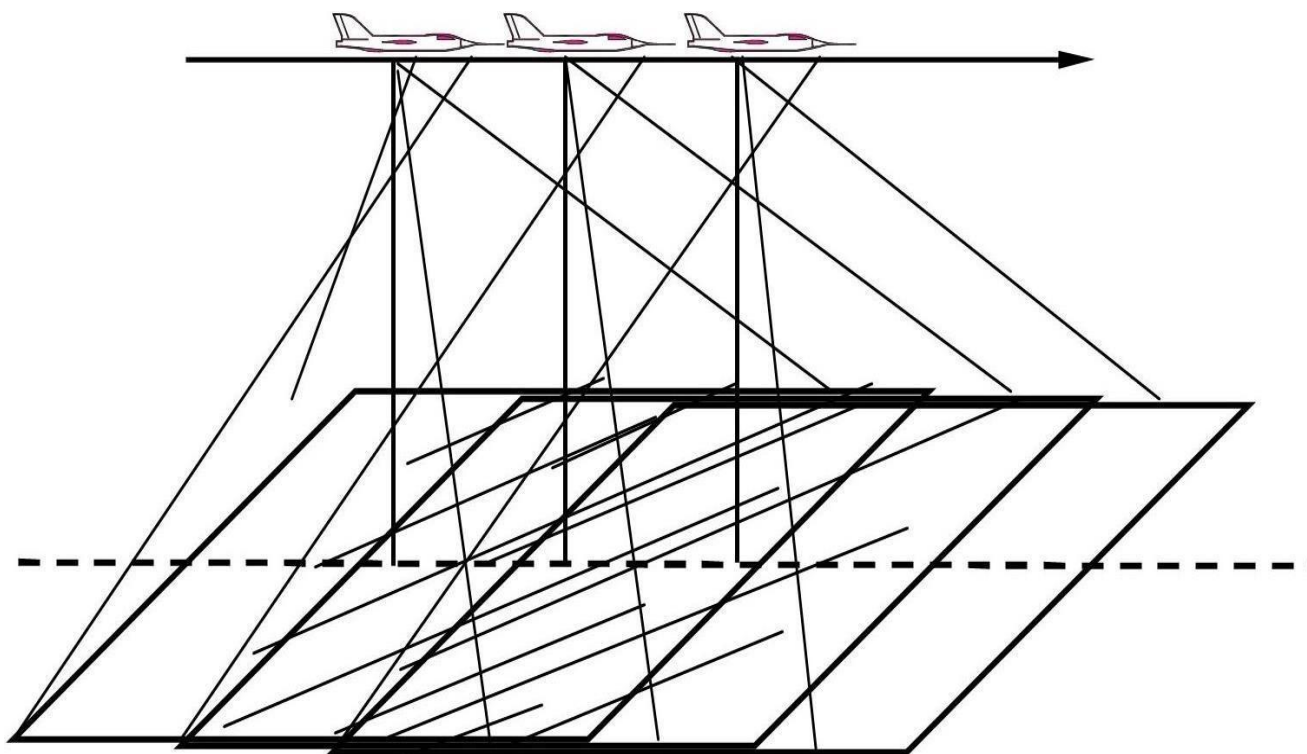


Рис. 4. Маршрутная аэрофотосъемка

Маршрутная АФС – такое фотографирование полосы местности, при котором смежные аэрофотоснимки взаимно связаны заданным продольным перекрытием P . Причем величина его достигает 60 и более процентов, поэтому возникают и зоны тройного перекрытия, что очень важно при фотограмметрической обработке снимков. Маршрутная АФС может быть прямолинейной, ломаной и криволинейной. Площадная (многомаршрутная) АФС – фотографирование участка земной поверхности, который не захватить одним маршрутом. В этом случае прокладываются несколько параллельных между собой аэрофотосъёмочных маршрутов (рис. 5). При этом смежные маршруты перекрываются. Называют общую часть изображений на снимках поперечным перекрытием Q .

Плановой называют аэрофотосъемку, при которой стараются получать горизонтальные снимки, но получают наклонные с отклонением оптической оси АФА от вертикали не более 3° . Перспективной считают АФС при наклоне оптической оси на заданный и сравнительно большой угол.

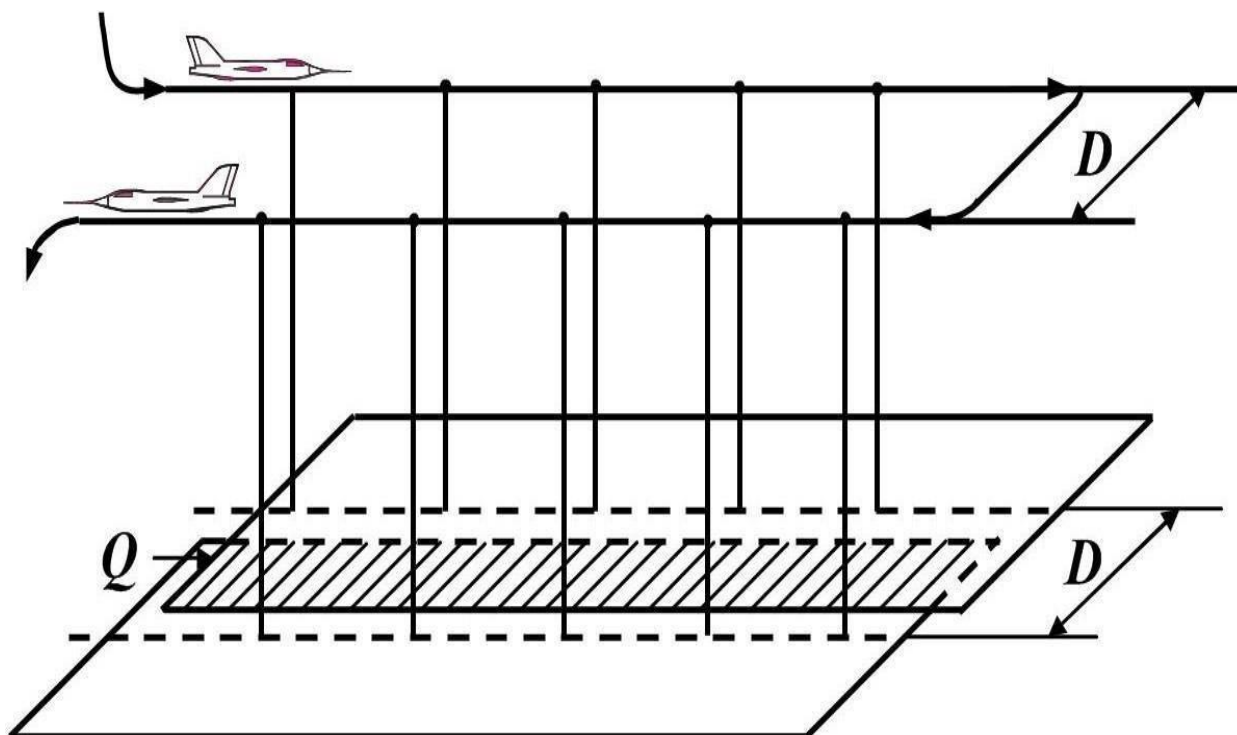


Рис. 5. Аэрофотосъемка нескольких маршрутов

Основным видом аэрофотосъёмки является плановая АФС. Она производится в различных масштабах, которые зависят от высоты фотографирования H и фокусного расстояния f АФА, в частности:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} . \quad (9)$$

При получении снимков с поверхности земли в топографических целях местность фотографируют с разных точек пространства, но так, чтобы смежные снимки перекрывали друг друга. Оптические оси фототеодолита устанавливают при этом, как правило, горизонтально.

Накидным монтажом называется приближенное соединение контактных аэрофотоснимков перекрывающимися частями для получения непрерывного изображения местности. Накидной монтаж выполняют способом мельканий. Монтаж начинают с верхнего маршрута справа налево, чтобы были видны номера всех аэрофотоснимков. Для этого прикрепляют к щиту кнопками самый правый аэрофотоснимок. Затем путем быстрого и многократного отгибания верхнего аэрофотоснимка и перемещения его добиваются совмещения общих контуров в средней части перекрытия (рис. 6).

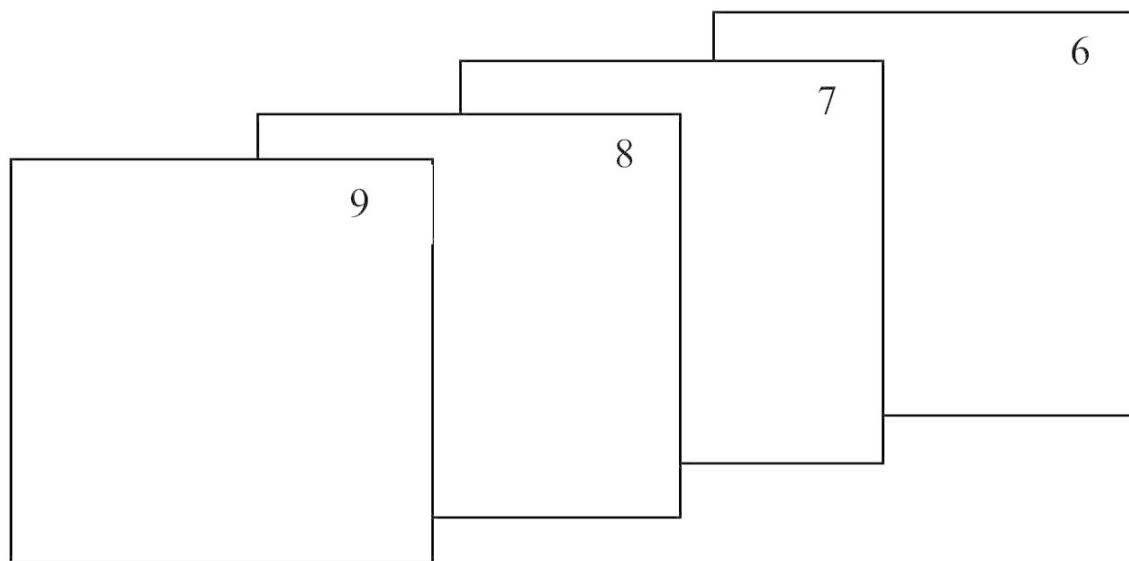


Рис. 6. Составление накидного монтажа

Монтаж второго маршрута также начинают с правого крайнего снимка, укладывая его по общим точкам поперечного перекрытия с аэрофото-снимками предыдущего маршрута.

Продольное перекрытие P_x рассчитывают по формуле

$$P_x = (l_x \times 100 \%) / l, \quad (10)$$

где l_x – размер перекрывающихся частей снимка; l – длина стороны снимка.

Продольное перекрытие снимков вычисляют или задают исходя из технологии фотограмметрической обработки снимков (или иных соображений). Значение его может быть 60, 70, 80, 90 %. Перекрытие между двумя снимками называют *двойным*. Зона перекрытия на трех снимках – тройное перекрытие и т. д. Для каждого стандартного значения продольного перекрытия определяют минимальные и максимальные пределы. Размер продольного перекрытия обеспечивается частотой (временным интервалом) включения АФА, который зависит от высоты фотографирования и путевой скорости летательного аппарата. Расстояние между соседними точками фотографирования в маршруте называют базисом фотографирования и обозначают B_x .

Поперечное перекрытие P_y – это перекрытие снимков соседних маршрутов, которое обеспечивается расстоянием B_y между ними. Поперечное перекрытие рассчитывают по формуле

$$P_y = (l_y \times 100 \%) / l, \quad (11)$$

где l_y – размер перекрывающейся части снимков двух смежных маршрутов.

Минимальное поперечное перекрытие допускается 20 %. Продольные и поперечные перекрытия позволяют проводить измерительные действия в центральной части снимка, где его геометрические и фотометрические искажения минимальны. Эту часть снимка называют *рабочей площадью снимка*. Рабочую площадь снимка, ограничиваемую линиями, проходящими через середины двойных продольных и поперечных перекрытий, называют теоретической (рис. 7).

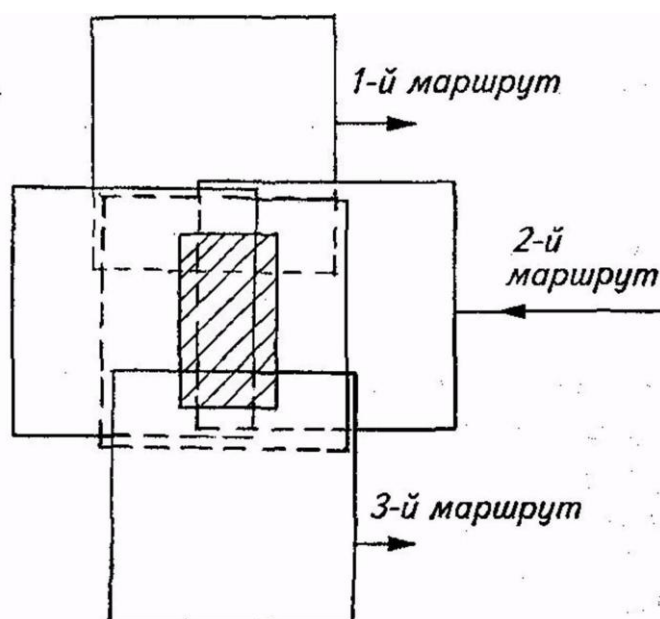


Рис. 7. Рабочая площадь снимка

Размер ее по оси x и y вычисляют по формулам:

$$B_x = l(100\% - P_x) / 100\%, \quad (12)$$

$$B_y = l(100\% - P_y) / 100\%, \quad (13)$$

где P_x и P_y – продольные и поперечные перекрытия.

Теоретическую рабочую площадь используют при расчетах. При выполнении фотограмметрических работ используют практическую рабочую площадь.

Качество материалов съемки оценивают с целью выявления соответствия реально получаемых результатов требованиям технического задания и существующим нормативам, значения которых установлены инструкциями и наставлениями по проведению аэрофотосъемок. Оценивают также фотографическое качество аэрофотоснимков и фотограмметрическое качество материалов аэрофотосъемки.

Критерии оценивания *фотограмметрического* качества материалов аэрофотосъемки.

1. *Определение продольных и поперечных перекрытий.* Размер перекрытий определяют с помощью специальной линейки для измерения перекрытия в процентах. Если аэрофотосъемка выполнена с продольным перекрытием 60 или 80 %, минимальное значение перекрытия допускается соответственно 56 и 78 %. Минимально допустимое поперечное перекрытие равно 20 %. Обычно определение перекрытий выполняют по накладному монтажу.

2. *Непрямолинейность аэрофотосъемочного маршрута.* Для ее определения сначала находят главные точки крайних снимков маршрута, за которые принимают пересечение линий, соединяющих противоположные координатные метки. Затем их соединяют прямой линией, измеряют расстояние L между ними (рис. 8) и уклонение от этой прямой главной точки наиболее удаленного снимка. Это уклонение называют *стрелкой прогиба маршрута*.

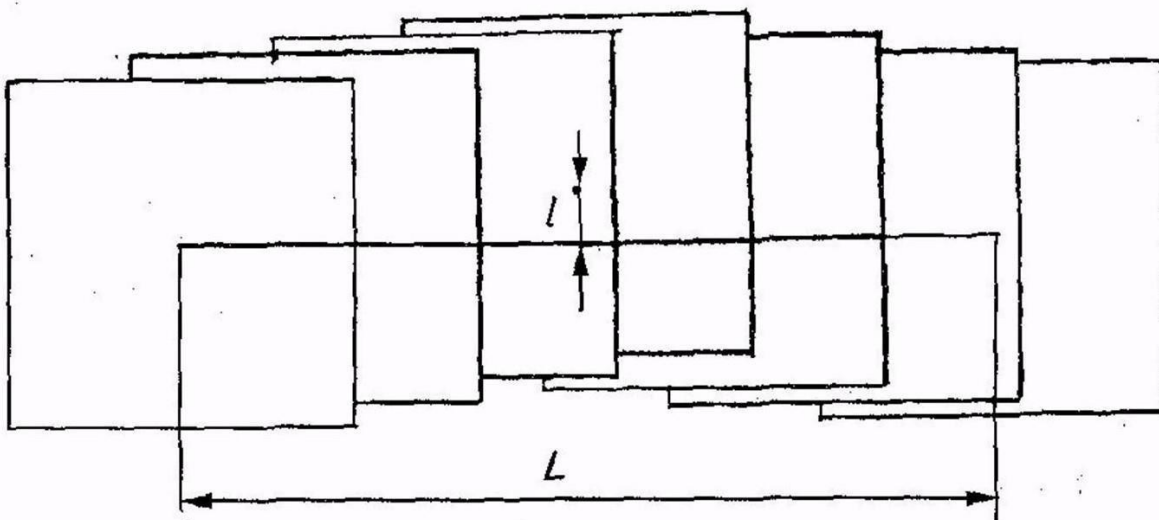


Рис. 8. Схема определения непрямолинейности маршрута съемки

Отношение стрелки прогиба к длине маршрута, выраженное в процентах, есть непрямолинейность маршрута, т.е.

$$n = l \times 100 \% / L. \quad (14)$$

Непрямолинейность маршрута не должна превышать 2 % при высоте фотографирования $H > 750$ м и в масштабе съемки $1:m$ мельче 1:5000 и не более 3 %, если $H < 750$ м и $1:m$ крупнее 1: 5000;

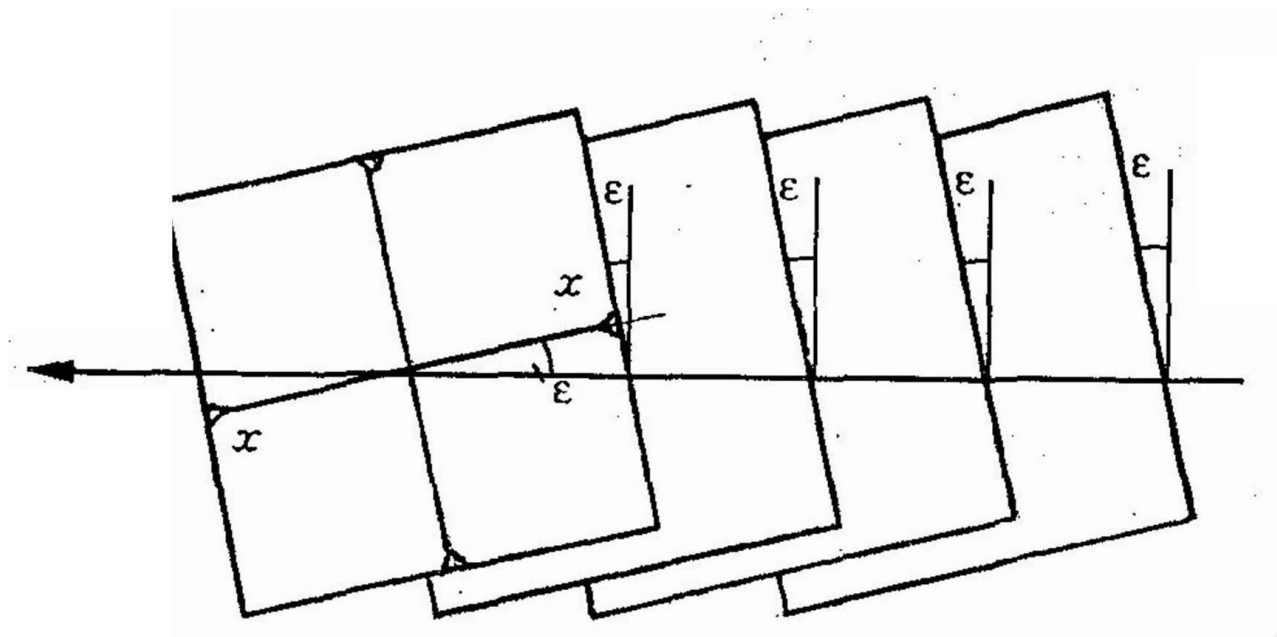


Рис. 9. Схема определения разворота снимка относительно направления маршрута съемки («елочки»)

3. *Разворот снимков относительно направления маршрута («елочка»)*. Определяют его двумя способами. Первый – путем измерения угла между линией xx , соединяющей координатные метки снимка, и осью маршрута (рис. 9). Второй путем измерения угла между перпендикуляром к оси маршрута и поперечной стороной снимка. Допустимые углы «елочки» при фокусных расстояниях 100, 140, 200, 350 и 500 м соответственно равны 5, 7, 10, 12 и 14° (рис. 9).

Данные по оценке аэрофотоснимков необходимо занести в журнал.

Номер маршрута	Номер конечных снимков в маршруте	Число снимков в маршруте	Фотографическое качество	Перекрытие мах и min, %		Елочка, град.	Непрямолинейность маршрута, %	Угол наклона снимков, град.
				продольное	поперечное			

4. *Фотографическое качество.* Фотографическое качество аэроснимков оценивается путем последовательного их просмотра и глазомерного определения степени соответствия тем требованиям, которые к ним предъявляются действующими инструктивными положениями. Для объективной оценки качества негативов и контактных отпечатков пользуются эталонами и теми придержками, которые приводятся ниже.

1. *Нормальный отпечаток.* Снимок имеет однородную и достаточную резкость и контрастность всего изображения, полную проработку затененных мест и одинаковый тон изображения однородных объектов. На снимке должны резко выделяться тени крон деревьев, ясно просматриваться переход от затененных к освещенным частям крон, а также хорошо видны полутени, очертания крон и промежутки между ними.

2. *Передержанный отпечаток.* Общий тон – темный. Неразличимы переходы от затененных частей крон к освещенным (освещенные стороны крон так же темные, как и затененные). Нет хорошо заметных очертаний крон и промежутков между ними.

3. *Недодержанный отпечаток.* Общий тон – светло-серый. Тени слабо заметны. Очертания крон неясно различимы.

4. *Общая нерезкость изображения.* Возникает из-за плохого выравнивания пленки в момент экспонирования.

5. *Частичная нерезкость изображения.* Наблюдается на некоторых местах снимка из-за неплотного прилегания бумаги к пленке при печатании.

6. *Засветка из-за электроразрядов.* На снимке видны ветвистые извилистые линии. Причина – проявление экспонированной пленки без двух-трех часовой выдержки ее в спокойном состоянии (не произвелась разрядка электрических зарядов в кассете).

7. *Вуаль.* Отпечатки сделаны на плохой старой бумаге или сказалось влияние дымки в момент съемки.

8. *Пузырьки на отпечатках.* Отдельные участки снимка имеют округлые пятна, напоминающие по своему изображению пузыри. Причина – печатание в растворах разных температур или плохая подкладка под отпечатки при сушке последних.

9. *Наличие на отпечатках механических повреждений, срывов эмульсии, склеек и т.д.*

10. *Желтые пятна или общая желтизна отпечатка.* Отпечаток во время фиксирования склеился с другими или же проявился в плохом или холодном проявителе.

11. *Темные пятна.* На снимке изображены тени от облаков.

12. *Светлые пятна.* На снимке изображены сами облака.

После тщательного осмотра каждого отпечатка и отнесения его к той или иной категории качества все снимки разносятся по этим категориям. При наличии на снимке двух-трех недостатков его относят к каждой из установленных категорий качества.

Оценка аэроснимков по фотографическому качеству производится исходя из общего распределения снимков по этим 12 категориям. Оценка «отлично» устанавливается, если 90 % всех снимков относится к категории «нормальный отпечаток»; оценка «хорошо» – если имеется 70-80 % нормальных отпечатков; оценка «удовлетворительно» – 50-69 %; оценка «неудовлетворительно» – при наличии менее 50 % нормальных отпечатков.

5. *Определяют углы наклона снимков.* Если в углах аэрофотоснимков имеется изображение круглого уровня, то по положению пузырька определяют приблизительные значения углов наклона. Цена деления круглого уровня равна $0,5^\circ$. Значения углов записывают в журнал.

6. *Определяют средний масштаб аэрофотоснимков.* В углах накидного монтажа выбирают четыре контурные точки, которые можно опознать на топографической карте. В качестве контурных точек используют изображения углов заборов, пересечения тропинок, канав, дорог и т. п. Измеряют диагонали четырехугольника, образуемого контурными точками, на накидном монтаже l и топографической карте L и записывают в «Журнал определения масштабов аэрофотоснимков» с округлением результата до 1 мм. Вычисляют знаменатели масштабов аэрофотоснимков по формуле $m = L \times M / l$, (15) где M – знаменатель масштаба карты (табл. 7).

Таблица 7

Журнал определения масштабов аэрофотоснимков

№ базиса	Длина базиса, мм		m
	l	L	
Средний масштаб			

7. Разбирают накидной монтаж, складывают аэрофотоснимки по маршрутам и помещают их в конверт, который необходимо прикрепить в приложения отчета.

После завершения работ по оценке выдают заключение о качестве материалов аэрофотосъемки. В случае несоответствия требованиям аэрофотосъемку (сплошную или выборочную) повторяют.

Общая оценка материалов аэрофотосъемки определяется как среднеарифметическая величина из баллов качественной оценки аэроснимков по всем показателям всех маршрутов.

Аэрофотосъемка признается неудовлетворительной в следующих случаях:

- 1) имеются снимки с продольным перекрытием меньше 56 %;
- 2) имеются снимки с поперечным перекрытием менее 20 %;
- 3) при неудовлетворительном фотографическом качестве;
- 4) если непрямолинейность маршрутов превышает 3 %;
- 5) при наличии «ёлочки» с углом 5° ;
- 6) при разномасштабности, превышающей 3 %.

Во всех случаях необходима новая съемка на всей площади или ее части.

Контрольные вопросы

1. Перечислите фотограмметрические показатели определения качества аэрофотоснимков.
2. Что такое накидной монтаж?
3. По каким фотографическим показателям оценивается качество аэрофотоснимка.
4. В каких случаях аэрофотосъемка считается удовлетворительной?

ТЕМА 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АЭРОФОТОСНИМКОВ (2 часа)

Цель работы: ознакомиться с методикой проведения геометрического анализа аэрофотоснимка.

Исходные материалы и данные: плановый аэрофотоснимок равнинной местности для выполнения задания: 1) фотоплан (трансформированный снимок) этой же местности примерно такого же масштаба; горизонтальный аэрофотоснимок всхолмленной местности для выполнения задания; 2) фотоплан этой же местности примерно того же масштаба с горизонталями.

Задание 1: исследовать влияние наклона снимка равнинной местности на его метрические свойства (1 час).

Задание 1: исследовать влияние рельефа местности на метрические свойства снимка всхолмленной местности (1 час).

Порядок выполнения задания

1. Выбрать в каждом углу снимка (зоне), не приближаясь к его краю менее 10 мм, по два базиса 1-2 и 3-4 длиной 20...30 мм (рис. 10). Желательно, чтобы каждая пара базисов пересекалась примерно под прямым углом, а точка их пересечения была центром симметрии образовавшихся плеч. Концами базисов должны быть надежно идентифицирующиеся точки

снимка и фотоплана. Эти точки одновременно аккуратно накалывают тонкой иглой (наколкой) на снимке и фотоплане. Угловые зоны обозначают римскими цифрами I...IV.

2. Выбрать аналогично и зафиксировать в центральной части снимка наколами концы пары пересекающихся базисов. Точка пересечения их должна возможно ближе располагаться относительно главной точки снимка. Обозначают эту зону цифрой V.

3. Обвести на обороте снимка и фотоплана (если он не на жесткой основе) наколы окружностями и обозначить цифрами. На фотоплане с жесткой основой точки фиксируют на лицевой стороне.

4. Измерить с помощью измерителя и масштабной линейки каждый базис на снимке (l_{i-j}) и фотоплане (L_{i-j}) (можно на оборотной стороне.) Результаты заносят в журнал (табл. 8).

Таблица 8

Журнал измерения метрических свойств снимка

Зона	Базис	Длина базисов		Знаменатели масштабов		Точность масштаба в зонах $1/t$	Знаменатель среднего масштаба снимка \bar{m}	Точность среднего масштаба снимка $1/T$
		на снимке l_{i-j}	на плане L_{i-j}	по базисам m_{i-j}	в зонах m_I			
I	1-2							
	3-4							
II	1-2							
	3-4							
III	1-2							
	3-4							
IV	1-2							
	3-4							
V	1-2							
	3-4							

5. Вычислить значение знаменателя масштаба по каждому из базисов, используя формулу

$$m_{i-j} = L_{i-j} \times M / l_{i-j},$$

где M – знаменатель масштаба фотоплана.

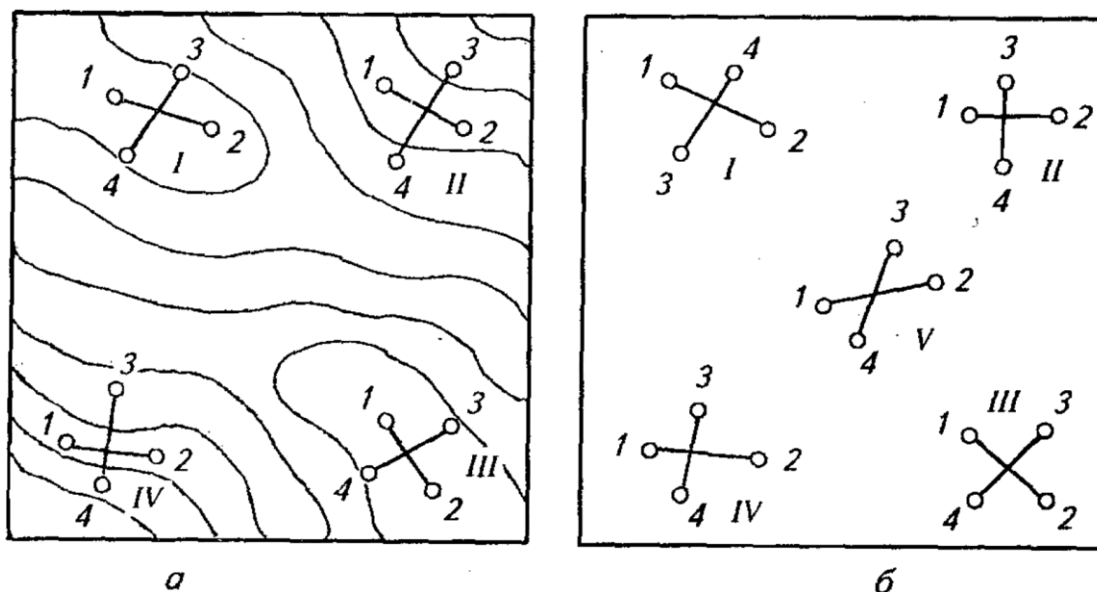


Рис. 10. Правила расположения базисов при определении частных масштабов снимка: а – пример зоны и размещения базисов; б – пример выбора центральной зоны

Число значащих цифр в m_{i-j} должно соответствовать числу значащих цифр в наиболее грубо определенном аргументе из использованных в вычислении плюс одна запасная цифра.

6. Определить среднее значение частного масштаба каждой зоны m_I .

7. Оценить ожидаемую точность использования среднего масштаба каждой зоны при измерении линий любого направления в этой зоне по формуле

$$1/t = (m_{i-j} - m_I) / m_I. \quad (16)$$

Результат выразить аликвотной дробью.

8. Определить знаменатель среднего масштаба снимка по масштабам в четырех угловых зонах, используя формулу

$$m^- = \sum m_I / 4. \quad (17)$$

9. Оценить ожидаемую точность использования среднего масштаба снимка при линейных измерениях в любой его части и по любому направлению по формуле

$$1/T = (m_I - m^-)_{\max} / m^-. \quad (18)$$

10. На основе теории можно утверждать, что полученное значение знаменателя масштаба m^- должно при выполнении определенных условий быть равным среднему значению знаменателя масштаба зоны V. Если

равенства нет – обосновать возможное отклонение, а при недопустимом отклонении найти ошибки.

11. Составить письменное заключение о возможности метрических действий на снимке равнинной местности, если известна необходимая точность этих действий.

Порядок выполнения задания 2

1. Выбрать возможно дальше от главной точки снимка (но не ближе 10 мм от края снимка), пользуясь фотопланом с горизонталями, два участка местности (зоны) – один с наклоном к мнимому центру проекции, другой – наклоненный от центра, а также два участка, расположенные на равнинных поверхностях и различающиеся по высотному уровню (рис. 10).

2. Выбрать и зафиксировать на снимке и фотоплане наколами в каждой зоне по два пересекающихся базиса, соблюдая условия, изложенные в предыдущем задании. Особым условием здесь будет непременность расположения одного из базисов вдоль, а другого – поперек направления ската наклоненного участка.

3...8. Измерить и обработать результаты аналогично соответственным пунктам предыдущего задания.

9. Дать письменное заключение о возможностях метрических действий на горизонтальных (или почти горизонтальных) снимках всхолмленной местности.

Контрольные вопросы

1. Какие допускаются углы наклона снимков при решении поставленных задач?
2. Как угол наклона снимка влияет на масштаб изображения местности?
3. Каким образом рассчитывается масштаб аэрофотоснимка?
4. В какой части снимка масштаб будет постоянен?

ТЕМА 6. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВОСКОВКИ НАПРАВЛЕНИЙ И ПОСТРОЕНИЕ ФОТОТРИАНГУЛЯЦИОННОГО РЯДА (2 часа)

Цель работы: ознакомиться с методикой построения фототриангуляционного ряда.

Исходные материалы: аэроснимки, топоплан масштаба 1:10000, калька, циркуль-измеритель.

Задание: изготовить восковки направлений аэрофотоснимков и общую восковку фототриангуляционного ряда.

Фототриангуляция – метод определения координат точек местности по фотоснимкам. Назначением фототриангуляции является сгущение геодезической сети с целью обеспечения снимков опорными точками, необходимыми для составления топографической карты, и решения ряда инженерных задач.

Фототриангуляция может быть *пространственной* (рис. 11), если определяют все три координаты точек, или *плановой*, если определяют только две координаты, характеризующие положение точки в горизонтальной плоскости. Для пространственной фототриангуляции необходимо построить общую модель местности, изобразившейся на данных снимках, и ориентировать её относительно геодезической системы координат.

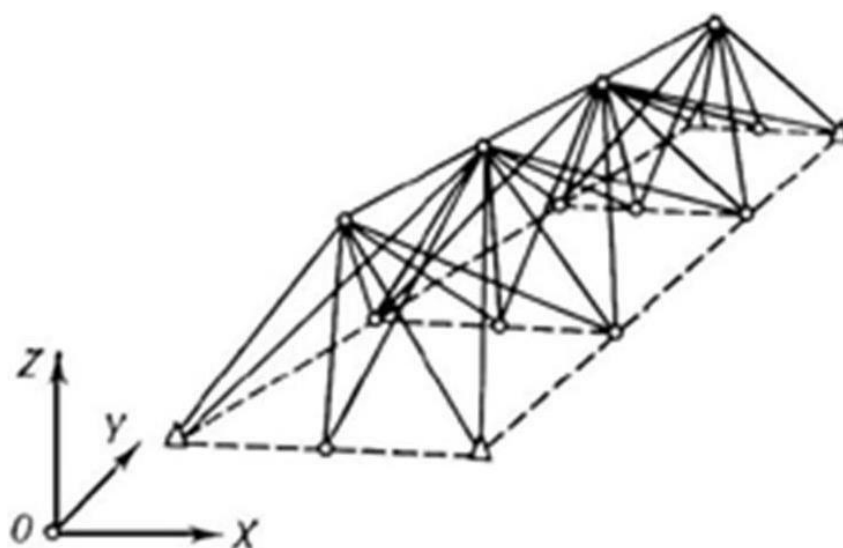


Рис. 11. Модель пространственной триангуляции

Эту задачу решают путём внешнего ориентирования снимков, т. е. установки их в такое положение, при котором соответственные проектирующие лучи пересекаются, а координаты полевых опорных точек равны их заданным значениям (способ связок). Общую модель создают также путём построения частных моделей по отдельным стереоскопическим парам снимков и соединения их по связующим точкам (способы независимых и частично зависимых моделей). При аналитическом решении задач пространственной фототриангуляции измеряют координаты точек снимков на монокомпараторе или стереокомпараторе и вычисляют координаты точек местности. Наиболее строгим и точным является способ связок, основанный на совместном уравнении фотограмметрических и геодезических измерений и показаний, соответствующих приборов на борту съёмочного самолёта.

Для выполнения пространственной фототриангуляции аналоговым способом используют фотограмметрические приборы: стереограф,

стереопроектор, автограф и др., позволяющие строить независимые или частично зависимые модели.

Плановая фототриангуляция основана на присущем снимкам с малыми углами наклона свойстве, заключающемся в том, что центральные углы с вершиной в главной точке снимка или вблизи этой точки практически равны соответствующим горизонтальным углам на местности. Плановую фототриангуляцию можно развить аналитическим способом, измерив на снимках центральные углы или координаты точек, или графическим способом при помощи восковок направлений, на которые перенесены углы со снимков.

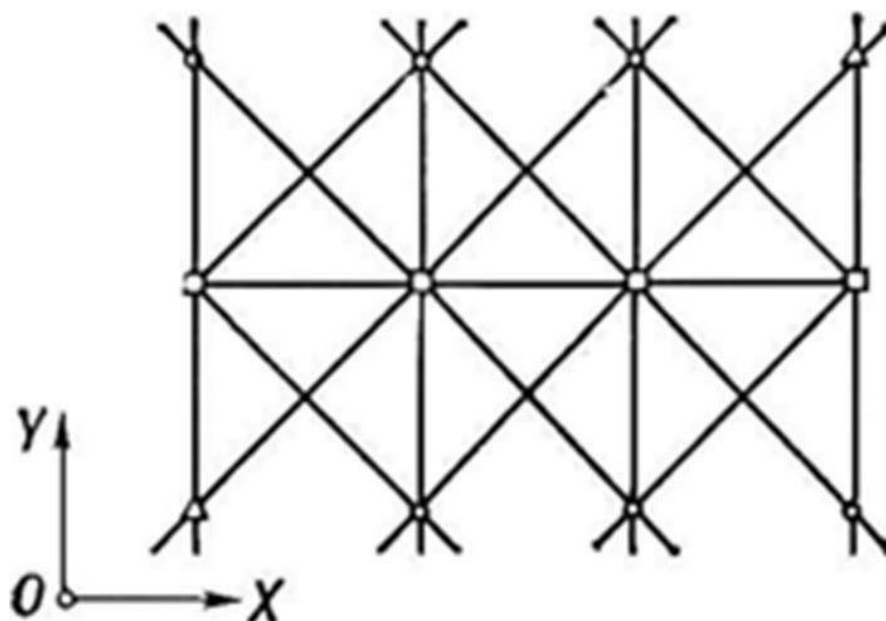


Рис. 12. Модель плановой фототриангуляции

Также применяются *маршрутная* и *блочная* фототриангуляции. Наиболее эффективной является блочная, которая строится по нескольким или многим маршрутам с применением компьютерных технологий: она позволяет в большей степени разредить полевую подготовку снимков, чем маршрутная.

Изготовление восковки заключается в переколке с каждого фотоснимка наколотых на нём точек на отдельный лист восковки и прочерчивании из центральной точки направлений на все точки. Сторона восковки направлений должна быть равна стороне фотоснимка. Для построения фототриангуляционного ряда на аэрофотоснимках накалывают следующие точки:

1. *Центральная точка* выбирается вблизи главных точек аэрофотоснимка в качестве вершин их центральных направлений (обводится синим квадратиком).

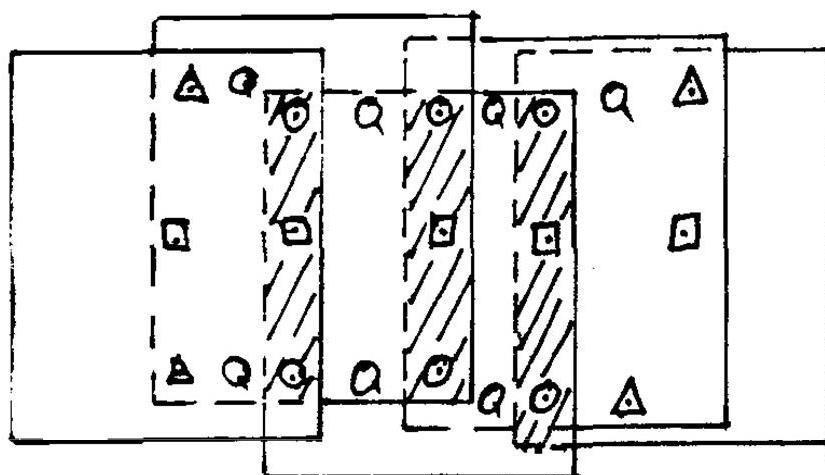
2. *Связующие точки* располагаются на всех продольных тройных перекрытиях аэрофотоснимков на расстоянии 2–3 см от их верхнего и нижнего краёв. Они необходимы для построения фототриангуляционного ряда (обводится кружком синего цвета).

3. *Ориентирующие точки* размещаются по углам рабочих площадей аэрофотоснимков. Эти точки, как и центральные, используются при последующем трансформировании аэрофотоснимков.

4. *Опорные точки* располагаются на середине поперечных перекрытий и переносятся с аэрофотоснимков полевой подготовки. Они необходимы для редуцирования фототриангуляции (треугольник красного цвета).

Все точки, наколотые на аэрофотоснимках, оформляют соответствующими условными знаками (рис. 12).

Изготовление восковок направлений заключается в переколе с каждого аэрофотоснимка наколотых на нём точек на отдельный лист восковки и в прочерчивании на этом листе направлений из центральной точки на все остальные. Сторона восковки направлений должна равняться стороне аэрофотоснимка, умноженной на коэффициент трансформирования, что позволит использовать эти восковки для увязки фототриангуляции (рис. 13).



- - центральная точка
- - связующая точка
- ⊙ - ориентирующая точка
- △ - опорная точка

Рис. 13. Условные знаки

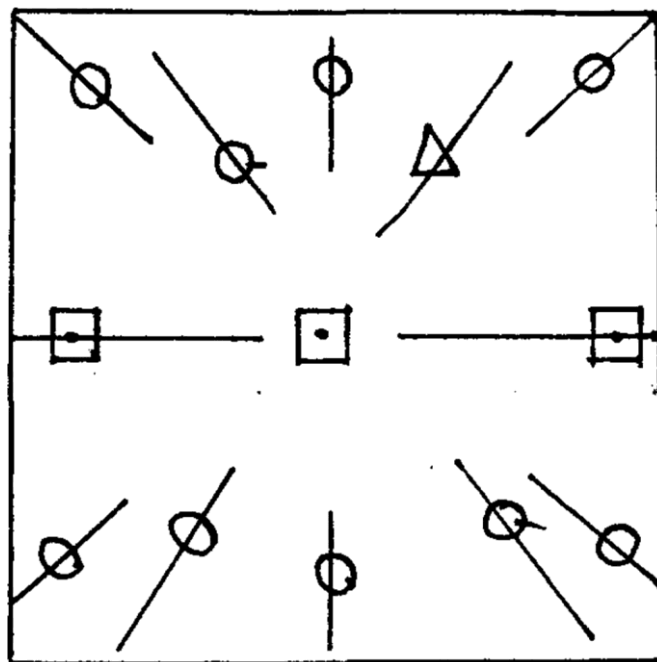


Рис. 14. Расположение точек на снимке

Построение фототриангуляционного ряда производят путём соответствующей укладки восковок направлений на общую восковку. Построение начинают с укладки двух самых левых восковок направлений ряда, начальные направления которых совмещают (o_1o_2 и o_2o_1 на рис. 14). Пересечение соответствующих центральных направлений двух восковок, осуществляющих прямую засечку, определяет плановое положение точек, в том числе и связующих (a_2 , b_2), в масштабе базиса o_1o_2 . Для того чтобы этот масштаб был достаточно близок к масштабу изготавливаемого фотоплана, устанавливают базис, равный величине базиса на аэрофотоснимке (около 70 мм при формате аэрофотоснимка 18×18 см), умноженный на коэффициент трансформирования.

Третью восковку направлений укладывают на вторую, совмещая их начальные направления (o_2o_3 и o_3o_2). Передвигая третью восковку вдоль начального направления, добиваются прохождения ее соответствующих направлений через связующие точки (a_2 , b_2), полученные с помощью первых двух восковок. Стороны треугольников погрешностей, возникающих при этих точках из-за ошибок направлений, не должны превышать 0,3 мм. В результате такой укладки определяется плановое положение центральной точки третьей восковки, а также связующих точек a_3 , b_4 в масштабе первого базиса $o_1 o_2$. Действительно, углы при центральных точках восковок направлений 1, 2, 3 равны соответственным углам на местности, а стороны между центральной точкой второй восковки и связующими точками, полученными с помощью восковок 1, 2 и 2, 3, совпадают (рис. 15).

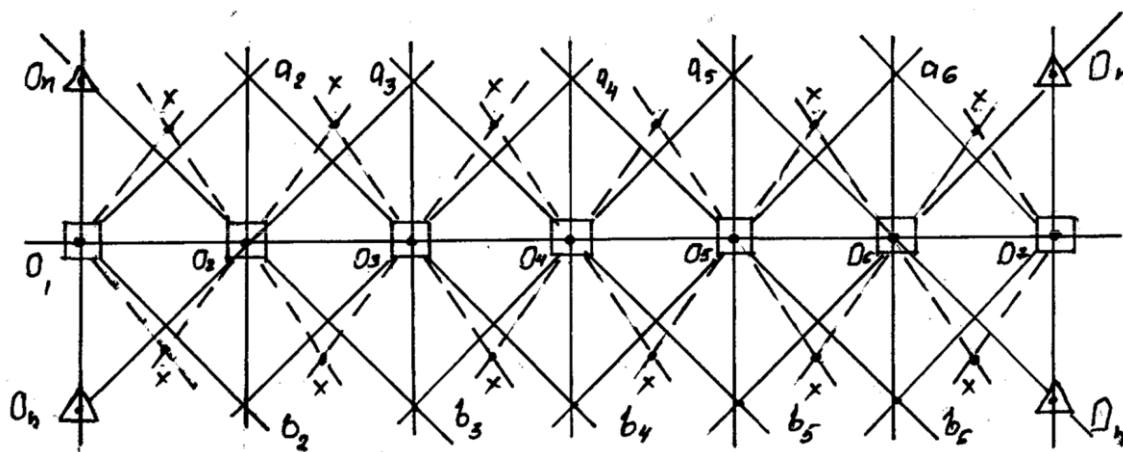


Рис. 15. Построение фототриангуляционного ряда

Аналогичным образом укладывают остальные восковки направлений. После этого на общую восковку перекладывают центральные точки восковок, а в пересечении соответствующих центральных направлений – ориентирующие и опорные точки. На общей восковке точки обводят тушью. Полученный фототриангуляционный ряд построен в одном масштабе. Однако этот масштаб не равен масштабу создаваемого фотоплана, а ориентирование ряда произвольное.

Контрольные вопросы

1. Назначение плановой фототриангуляции.
2. На каком геометрическом свойстве аэрофотоснимка основано построение графической фототриангуляции?
3. Каково назначение и расположение связующих, ориентирующих и опорных точек при построении фототриангуляции?
4. Какие факторы влияют на величину искажения центральных направлений аэрофотоснимка?

ТЕМА 7. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОДНОМАРШРУТНОЙ ФОТОСХЕМЫ (2 часа)

Цель работы: освоить методику изготовления одномаршрутной фотосхемы.

Исходные материалы: аэроснимки, топоплан масштаба 1:10000, скальпель, резиновый клей, циркуль-измеритель.

Задание: изготовить одномаршрутную фотосхему различными способами монтажа.

Фотосхемой называется фотографическое изображение местности, полученное из рабочих площадей контактных, увеличенных или приведенных к масштабу аэрофотоснимков.

При значительной разномаштабности 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 земле- устроительных, земельно-учетных и кадастровых работ: при обследовании сельскохозяйственных предприятий, при составлении эскизных проектов, при почвенных, геоботанических и других обследованиях, для оценки экологического состояния объектов, контроля за использованием земель, выявления нарушенных земель и др. Фотосхемы, изготовленные из увеличенных аэроснимков, могут быть использованы при проектировании дорог местного значения, для мониторинга за освоением проектов. Отметим, что фотосхема равнинного участка местности, составленная из плановых приведенных к масштабу аэроснимков, приближается по точности к фотоплану и может быть использована для решения ряда задач: определения площадей участков местности, измерения длин контуров, для отвода земель и др. 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.

При работе с гидростабилизированными снимками равнины выгодно использовать только четные и нечетные (монтаж через снимок), поскольку линии порезов пройдут примерно в середине продольного перекрытия. При улучшении метрических свойств схемы объем работ сократится.

Порядок выполнения работы

Работа выполняется в определенной последовательности.

1. Делают монтаж 1-го и 2-го снимков маршрута, чтобы, наложив первый снимок на второй, добиться совмещения одноименных контуров (рис. 16). Намечают приблизительно середину двойного продольного перекрытия.

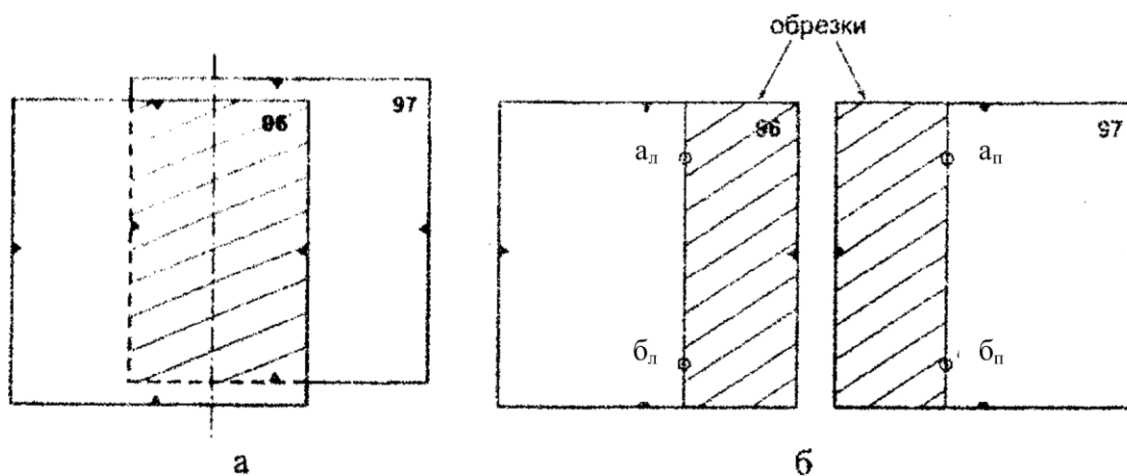


Рис. 16. Монтаж первого и второго снимков маршрута

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 ($a_л, в_л$) и правом ($a_п, в_п$) снимках (рис. 16). Накальывают эти точки.

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

3. Приложив линейку к точкам $a_л, в_л$, скальпелем обрезают левый снимок (96), а затем правый снимок (97). Обрезки снимков 96 и 97 заштрихованы на рис. 16, б. Пронумерованные снимки выдаются преподавателем.

4. Оставшуюся часть снимка 97 и остальные снимки обрезают способом совместной обрезки. Для этого из них изготавливают накладной 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 середине перекрытий.

Произвести нарезку аэроснимков по серединам продольных перекрытий; оба снимка режут однократным движением скальпеля. Формы порезов могут быть различны: зигзагообразная, криволинейная и комбинированная (рис. 17).

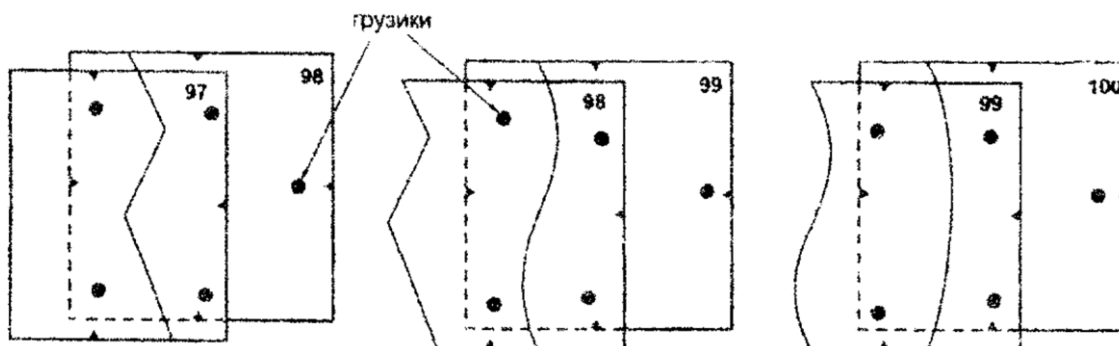


Рис. 17. Формы порезов аэрофотоснимков

Линию пореза проводят по местам наилучшей сходимости контуров по середине перекрытий, по наиболее темным частям с возможно большей однотонностью. Обрезанные аэроснимки наклеивают на основу.

При выполнении совместной обрезки необходимо выполнять следующие условия:

- линия пореза не должна пересекать линейные объекты под острым углом;
- порез не должен проходить по постройкам и другим мелким контурам;
- порез не должен проходить ближе чем на 1 мм от важных линейных контуров (дорог, рек и т. п.);
- порез желательно проводить по контурам, имеющим фототон примерно одинаковой плотности на смежных аэроснимках.

Обрезки аэроснимков сохранить для выполнения корректуры фотосхемы.

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

6. Фотосхемы характеризуются средним масштабом. Для этого по краям рабочих площадей начального и конечного аэроснимков маршрута опознают по две точки на фотосхеме и топографическом плане (всего по четыре точки).

Измеряют расстояния (базисы) между крайними точками маршрута на фотосхеме l_i ($i = 1, 2, 3, 4$) и соответствующие расстояния L_i на топоплане с точностью 0,1 мм.

Вычисляют масштаб фотосхемы по каждому базису по формуле:

$$1 / m_i = l_i / L_i \times M, \quad (19)$$

где m_i – знаменатель масштаба фотосхемы;

M – знаменатель масштаба топографического плана. Вычислить средний масштаб фотосхемы и подписать его.

Метрические свойства фотосхемы в пределах вмонтированных в нее рабочих площадей снимка остаются теми же, что и для отдельных снимков. Измерения небольших расстояний через порез могут содержать существенные дополнительные погрешности. О размерах их можно судить по результатам оценки качества монтажа. С увеличением расстояния и площадей точность результатов их измерений будет выше, так как распределение погрешностей, обусловленных влиянием наклона снимка и рельефа местности, а также наличием вырезов и дуплетов на порезах, будет приближаться к нормальному.

7. Качество монтажа фотосхемы оценивают с помощью обрезков. На каждом порезе можно использовать любой из двух обрезков. Обрезок прикладывают к порезу так, чтобы элементы изображения на нем точно совпали с элементами вмонтированного в фотосхему фрагмента снимка. Иглой вдоль пореза, не отступая далеко от него, через 2–3 см, накалывают четные точки изображения. Сняв обрезок, измеряют отклонения наколов от точек, которые накалывают на обрезе. Аналогично выполняют контроль по другим порезам. Принципиально можно измерять абсолютные отклонения. Но более важно оценить смещение наноса в продольном направлении.

Величины расхождений Δl записать на корректурный лист (рис. 18).



Рис. 18. Корректурный лист фотосхемы

Знак (–) соответствует вырезу, т. е. когда контур снимка фотосхемы находится между порезом и наколом, производимым с обрезка, а знак

(+) – когда накол с обрезка приходится между соответствующим контуром и порезом (дублет). При монтаже фотосхемы опасны вырезы, т. к. в этом случае мелкие контуры вблизи пореза могут оказаться на обрезках, а не на фотосхеме (допускается вырез до $-0,5$ мм).

8. Оформляют фотосхему в соответствии с рис. 19. При монтаже длинных одномаршрутных фотосхем по описанному способу возможно искривление маршрута за счет систематических ошибок установки аэрофотоаппарата, влияния рельефа местности, угла наклона α и ошибок монтажа.

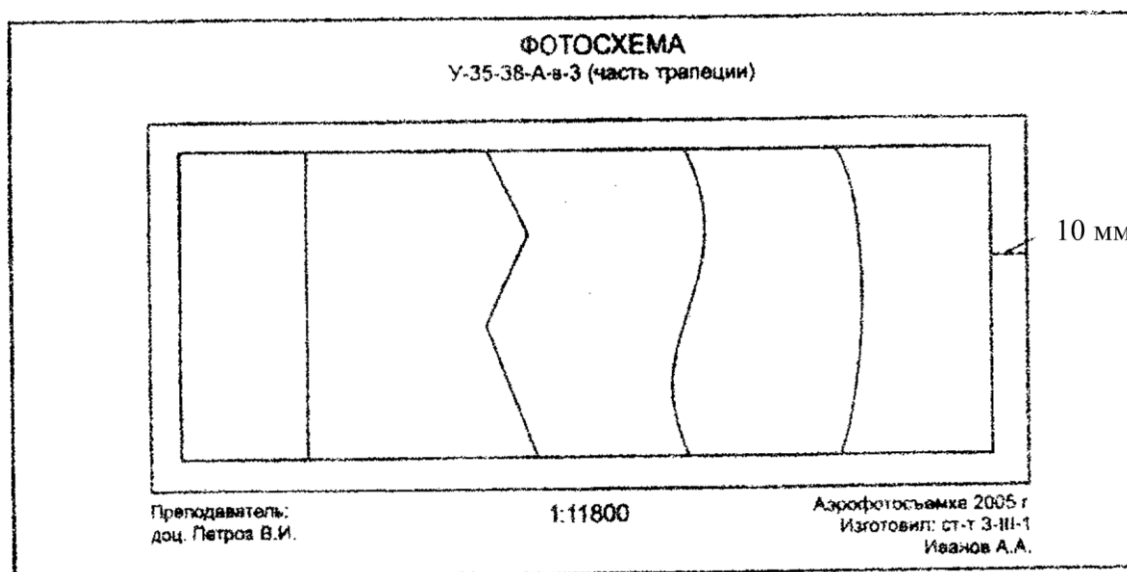


Рис. 19. Оформление фотосхемы

После контроля на фотосхему наносят границу рабочей площади. Для этого на первом и последнем фотоснимках выбирают по две точки, лежащие на середине перекрытия со смежными фотосхемами, и между ними прочерчивают тушью прямые линии, ограничивающие рабочую площадь. Затем отступают от каждой линии с внешней стороны на $0,5-1,0$ см и при помощи металлической линейки фотосхему обрезают. Обрезанную фотосхему наклеивают на картон или любой другой жесткий каркас и оформляют надписями.

Фотосхема, корректурный лист, обрезки фотоснимков подшиваются в приложения.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается фотосхема от плана?
2. В чем причина непостоянства масштаба фотосхемы?
3. Как отграничивают рабочую площадь на фотосхемах?
4. Для каких целей используют фотосхемы?

ТЕМА 8. ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ (4 часа)

Цель работы: ознакомиться с методикой дешифрирования аэрофото- снимков.

Задание 1: изучить общие положения дешифрирования (1 час).

Задание 2: изучить дешифровочные признаки (1 час).

Задание 3: отдешифрировать аэрофотоснимок в соответствии с топо- графическими условными знаками. Условные знаки вычертить тушью (2 часа).

Дешифрирование аэроснимков, трансформированных фотоснимков, фотопланов и фотосхем является одним из основных процессов составления планов и карт для нужд зем- леустройства, государственного учета зе- мель и земельного кадастра.

В процессе дешифрирования на материалах аэрофотосъемки опозна- ются и вычерчиваются соответствующими условными знаками с соблюде- нием требований генерализации объекты и контуры местности, подлежа- щие съемке. Не изобразившиеся или появившиеся после аэрофотосъемки контуры и объекты местности наносятся на материалы дешифрирования с установленной точностью любыми возможными способами. Фотографиче- ское изображение объектов или контуров, не обнаруженных на местности в период дешифрирования, на материалах дешифрирования перечеркивают- ся красной тушью, или на этом месте ставится условный знак того уголья (контур), которое фактически имеется на местности.

Дешифрирование может выполняться методами: полевым, комбини- рованным, камеральным и аэровизуальным. Метод полевого дешифриро- вания предусматривает сопоставление фотографического изображения всех контуров и объектов на материалах фотосъемки непосредственно с натурой.

Метод комбинированного дешифрирования предполагает камеральное определение на материалах аэрофотосъемки контуров и объектов местно- сти, достоверность и соответствие которых натуре не вызывает сомнений, и полевое опознавание контуров и объектов местности, расшифровка на- звания или установление границ которых камерально по аэрофотоснимкам невозможны.

Под камеральным дешифрированием аэрофотоснимков и фотопланов следует понимать такое дешифрирование, при котором подлежащие нане- сению на сельскохозяйственные планы объекты и контуры опознаются в камеральных условиях по фотоизображению с использованием материалов подготовки, эталонов, стереоскопических и других приборов.

Возможности использования материалов аэрофотосъемок и примене- ния методов дешифрирования в каждом конкретном случае определяются в технико-экономических обоснованиях на производство работ.

По точности нанесения контуров и объектов местности на материалы аэрофотосъемки должны быть соблюдены следующие требования:

- ошибка опознавания и вычерчивания границ контуров и объектов, отчетливо изобразившихся на аэрофотоснимке, относительно видимой фотополосы не должна превышать 0,2 мм;

- расхождения между двумя определениями при нанесении на материалы аэрофотосъемки объектов и контуров, имеющих в натуре отчетливые границы, но не изобразившихся на аэрофотоснимках, не должны превышать 0,3 мм;

- расхождения между двумя определениями при нанесении контуров, не имеющих в натуре выраженных границ (например, граница между суходольным и заболоченным сено-косами), не должны превышать на аэрофотоснимке 1,5 мм.

Наименьшая площадь контуром (и масштабе плана), подлежащих дешифрированию, устанавливается следующая:

- 2 мм² – на орошаемых и осушенных массивах: для пашни, фруктово-ягодных насаждений, культурных пастбищ, плантаций технических культур, а также для других угодий и несельскохозяйственных земель, расположенных внутри орошаемых и осушенных массивов пашни и многолетних насаждений (например, участков леса, галечников, расположенных среди орошаемой пашни);

- 4 мм² – на всех других массивах: для пашни, фруктово-ягодных насаждений, культурных пастбищ, плантаций технических культур, а также для других угодий и несельскохозяйственных земель, расположенных внутри этих массивов;

- 10 мм² – для всех остальных сельскохозяйственных угодий, а также отдельных участков несельскохозяйственных земель, расположенных внутри залежи, сенокосов и пастбищ (например, отдельные участки болот среди сенокосов и пастбищ);

- 50 мм² – для одноименных сельскохозяйственных угодий, различаемых по качественным признакам (например, сенокоса чистого и покрытого кочками, пашни чистой и засоренной камнями и др.);

- 50 мм² – для всех других несельскохозяйственных земель (болот, песков, каменистых поверхностей и др.);

- 100 мм² – для контуров кустарника, поросли, вырубки, бурелома, горелого или сухостойного леса, расположенных внутри массивов древесной растительности, и для контуров леса, расположенных внутри массивов кустарника, поросли и др.;

- озера, пруды, мочажины, колки дешифрируются независимо от их площади, а отдельно стоящие деревья дешифрируются только на пашне. Отдельные ореховые и тутовые деревья дешифрируются во всех случаях, независимо от места произрастания;

– линейные контуры дешифрируются, если длина их на плане 1 см и более. Исключение составляют промоины на пашне и залежи, которые дешифрируются при длине их на плане 5 мм и более.

Сельскохозяйственные угодья, переведенные в установленном порядке из одного вида в другой, дешифрируются по фактическому их использованию. Например, если залежь переведена в другое сельскохозяйственное угодье, то по выкопировке с плана, приобщенной к документам о переводе, определяются границы переведенной залежи и на материалах дешифрирования ставится условный знак фактического использования этого участка.

Участки, на которых оросительная или осушительная сеть пришла в полную негодность и которые исключены из учета орошаемых или осушенных земель в установленном порядке, дешифрируются также по фактическому их использованию, без отображения условного знака орошения или осушения.

Выявление этих участков на район съемки производится в период подготовки к дешифрированию.

При дешифрировании сельскохозяйственных угодий число сочетаний условных знаков в одном контуре должно быть не более трех: один условный знак определяет название угодья, два других характеризуют его качественное состояние.

Если дешифрирование выполняется на фотопланах или фотосхемах, то для получения стереоскопической модели изображения местности исполнитель обеспечивается комплектом аэрофотоснимков.

При дешифрировании аэрофотоснимков с высокой плотностью контуров они должны быть увеличены до масштаба, обеспечивающего необходимую точность дешифрирования.

Дешифрирование элементов рельефа, границ леса, строений, рек и ручьев в лесах выполняется с обязательным использованием стереоскопа. Результаты дешифрирования вычерчиваются тушью не позднее, чем через один день после его выполнения на местности.

Начертание условных знаков при дешифрировании допускается упрощенное, разреженное, без симметричной их расстановки. Однако форма условных знаков должна быть четко соблюдена, а надписи названий и цифр должны быть разборчивы. Все надписи названий на материалах дешифрирования и фотопланах даются на русском языке.

В случаях, когда это целесообразно, допускается дешифрирование на фотопланах или трансформированных фотоснимках (с впечатанной координатной сеткой) с одновременным улучшенным вычерчиванием на них. Расстановка, начертание и цвета условных знаков в этом случае должны соответствовать требованиям, предъявляемым к вычерчиванию фотопланов в камеральном производстве.

Дешифрирование снимков выполняется по прямым и косвенным дешифровочным признакам. Дешифрованные признаки – это характеристика объекта в натуре – форма, размер, цвет, структура или рисунок, тени.

Форма – это основной дешифровочный признак, по которому устанавливается наличие объекта. Визуальное наблюдение дешифровщика в первую очередь выделяет именно очертание предметов, их форму.

Размер изображения – менее определенный чем форма, дешифровочный признак. Размер изображения зависит от масштаба снимка, и определить величину объекта можно, пользуясь масштабом по формуле

$$L = l \times m, \quad (20)$$

где L – размер объекта;

l – длина (ширина) изображения известного объекта на снимке, мм.

Тон и цвет изображения – это отражательная способность и внешнее строение поверхности предмета. Чем интенсивнее отражается свет от поверхности предмета, тем светлее получается его изображение на снимке; и чем глаже поверхность, тем светлее она получается на снимке, например – пашня темнее, чем дорога проходящая по ней.

Тон и цвет изображения приведены в табл. 9.

Таблица 9

Характеристика объектов по тону и цвету изображения

Объект	Тип аэрофотоснимков			
	черно-белые панхроматиче- ские	цветные «натураль- ные»	цветные спектрозональные на	
			цветной фотобума- ге	спектро- зональной фотобума- ге
1	2	3	4	5
Моховые тундры	Светло-серый	Серо-зеленый	Зеленый	Пурпурный
Лишайнико- вые тундры	Белый	Белый	Светло- зеленый	Светло-пур- пурный

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5
Кустарниково- вые тундры	Серый, темно-серый	Зеленый	Зеленовато- коричневый	Зеленовато- голубой
Полигональные и бугристые по- верхности	Серый с разными оттенками (заболоченные)	Зеленовато- серый	Темно- зеленый	Вишневый
Сфагновые 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 угнетенные	Серый	Зеленый	Красновато- коричневый	Сине-зеленый
Хвойные леса угнетенные	Серый	Зеленый	Зеленый	Серовато- розовый
Сосновые леса	Светло- серый	Темно- зеленый	Зеленый	Темно- пурпурный
Еловые леса	Серый	Зеленый	Темно- зеленый	Коричневато- пурпурный
Лиственные леса	Светло- серый	Светло- зеленый	Светло- зеленый (с оттенк.)	Зеленовато- пурпурный
Дубовые леса	Серый	Зеленый	Желтовато- бурый	Зеленовато- голубой (с мало отли- чающимися от- тенками)
Березовые леса	Светло- серый	Зеленый	Зеленовато- желтый	
Осиновые леса	Светло- серый	Светло- зеленый	Светло- красный	
Лиственные кустарники	Серый	Зеленый	Желтовато- коричневый	Зеленовато- синий
Хвойные стланики	Серый	Зеленый	Зеленый	Пурпурный
Заросли саксау- ла	Темно- серый (точки)	Темно- зеленый	Зеленовато коричневый	Темный сине- зеленый
Полукустарники пустынные	Темно- серый	Зеленовато- серый, зе- леный (солянки)	Коричневый	Светло-синий

1	2	3	4	5
Травяной покров степей и сухих лугов	Светло-серый	Серо-зеленый	Желтовато-зеленый, салатный (на сенокосах)	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
Поля с различными сельскохозяйственными 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 и 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)
Солончаки	От белого до темно-серого	Белый, серый, темно-серый	Зеленый (со слабыми оттенками)	Пурпурный (со слабыми оттенками)
Обнаженные скалы, россыпи, каменные монолитные поверхности	Серый (с различными оттенками)	Серый, палевый, розовый, коричневый и др.	Зеленый	Пурпурный
Ледники	Белый, почти белый	Белый	Светло-зеленый	Светло-пурпурный
Вода в озерах и реках	От белого до черного	Темно-серый, кофейный (разной насыщенности)	Сине-зеленый, черный	Светло-коричневый, пурпурный

1	2	3	4	5
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

Структура или рисунок – это сложный признак, объединяющий все другие признаки однородных и разнородных деталей изображения местности на снимке. Так, для изображения лесов типична зернистая структура. Все это разнообразие приведено в табл.10.

Таблица 10

Характеристика структуры объектов местности, изображенных на аэрофотоснимках

Вид структуры	Характеристика объекта	Происхождение
1	2	3
Однородная	Низинные травянистые болота без микрорельефа, Участки глинистых пустынь, равнины степной зоны	Образованна однородной формой микрорельефа
Зернистая	Присуще ландшафтам лесной зоны	Образована различной растительностью
Квадратная	Отмечается у некоторых типов лесных болот таежной зоны	Образована сочетанием леса, разделенных светлыми полосами сфагновыми болотами
Полосчатая	Характерна для изображения песчаных пустынь	Образована однородной структурой поверхности в сочетании с другими ее типами
Древовидная (полосы различной длины, ширины направлены как бы к остову ствола дерева)	Характеристика для тундровых и горно-тундровых районов всегда связана с участками многолетней мерзлоты. Оттаявший слой вечной мерзлоты сползающий по узким и не глубоким ложбинам к тальвег	Образуется за счет таяния слоя вечной мерзлоты.

1	2	3
Струйчатая	Характерна для горно-таежных районов и обусловлена мерзлотно-солифлюкционными явлениями	Образуется за счет таяния и сползания грунта и развития растительности
Полигональная (узкие полосы разделяют большие пятна)	Встречаются в понижениях речных долин, озерных впадин, а также в тундровых районах	Образуются формы микрорельефа при морозобойных трещинах
Бородавчатая и пятнистая	Скопление холмов высотой до 10 м, моховая и лишайниковая растительность. Распространена в тундровых районах и пустынной зоне в карстовых районах лесной зоны.	Образование бугристыми микрорельефами с понижениями в виде поверхности покрытых мхом и травой
Перистая	Структура характерна для районов с засушливым климатом в глинистых предгорьях пустынных гор	Образована за счет густой сети элементарных форм рельефа и слабо развитой растительности
Клиновидная (линейные полосы с тупой формой конуса)	Встречается на снимках песчаных пустынь почти полностью лишенных растительности	Образована за счет системы мелких барханов и других форм не закрепленных песком
Мозаичная (сочетание различных площадок)	Характеризуется беспорядочным сочетанием различного тона, различных размеров и форм. Встречается в различных зонах России	Образование различной растительности, мозаичностью почвенного покрова и различной влажностью
Бордюрная (линейные полосы различной ширины и длины)	Характеризует участки с отсутствием растительности ютящейся бордюрами по расщелинам и трещинам	Образование при выпучивании грубообломочного материала в рыхлых грунтах

Тени – различают собственную и падающую. Собственной тенью называют тень покрывающей неосвещенную солнцем часть поверхности объекта. Она подчеркивает объемность и характер поверхности предмета (формы крыши здания, извилистость хребта, окружность или изломанность объектов и т.п.). Падающие тени отбрасываются объектами местности на подстилающую поверхность и передают их форму.

По перечисленным и другим дешифровочным признакам студенту необходимо провести дешифрирование выданных преподавателем аэрофото-снимков.

Дешифрирование населенных пунктов

Населенные пункты дешифрируются по четкому и правильному расположению зданий, объектов и характерной формой: вертикальностью стен. Несложно выделение по снимкам плотно застроенных кварталов и их частей.

Дешифрирование дорог

Дешифрирование железных дорог – хорошо заметна полоса отчуждения и земляное полотно. В центральной части полосы отчуждения всегда заметно железнодорожное полотно – светлые линии с четкими краями. Почти всегда характеризуется прямолинейностью. Электрифицированные ж.д. распознаются по опорам контактной сети и по электрическим подстанциям, расположенным через 20–30 км. Железные дороги отличаются от шоссейных отсутствием крутых поворотов.

Автострада – это магистрали, имеющие прочное покрытие из асфальта или цементобетона шириной от 14 до 23 м. Надежным дешифровочным признаком является наличие съездов, эстакад, разделительная полоса по центру дороги.

Грунтовые дороги – это не профилированная дорога. Выделяются в виде тонких белых линий, различной толщины, как правило извилистые имеют крутые повороты, большое количество объездов.

Дешифрирование гидрографии

Дешифрирование гидрографии, как правило, происходит по достаточно четким очертаниям береговой линии, а фотоизображение водной поверхности обычно хорошо отличается от окружающих участков суши. Светлый тон на снимках имеют мутная и вспененная вода. Чем глубже водоем, тем он темнее на снимке. Направление течения реки определяют по заливам и островам. Залив вдается в берег в сторону, обратную течению. Заостренная часть острова направлена вниз по течению реки.

Дешифрирование растительности

При дешифрировании растительности следует выделять древесную, кустарниковую и травянистую растительность. Изображение древостоев

имеет ярко выраженный фоторисунок, позволяющий выделить их на снимках от непокрытых лесом площадей. При дешифрировании, прежде всего видна неправильная зернистость, создаваемая чередованием округлых пятнышек – проекций крон деревьев и различных по очертаниям промежутков между ними.

Изображение сплошных зарослей кустарников характеризуется мелкозернистостью, иногда несколько смазанной, с небольшими по сравнению с деревьями тенями обычно округлой формы.

Характерной чертой травянистой и полукустарниковой растительности является ее фототон, представленный светло-серым, ровным.

Дешифрирование сельскохозяйственных угодий

Пашни дешифрируются ярко выраженным искусственным происхождением, имеют резко выраженные границы правильной формы и следы обработки почвы – борозды. При съемке во время уборки урожая на снимках хорошо видны светлые полосы валков и пятнышки копен.

Сады – на снимках выражены закономерными и сравнительно разреженным размещением проекций крон и теней деревьев, расположенных рядами, образующими своеобразные «клетки».

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называют дешифрированием?
2. Какие вы знаете дешифровочные признаки?
3. Методы дешифрирования.
4. Требования по точности нанесения контуров и объектов по материалам аэрофотоснимков.
5. Особенности дешифрирования сельскохозяйственных угодий.

ТЕМА 9. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ В ФОТОГРАММЕТРИИ (2 часа)

Цель работы: ознакомиться с системами координат, применяемыми в фотограмметрии.

Применяемые в фотограмметрии координатные системы можно условно разделить две группы, различающиеся областью применения, выбором начала координат и направлениями координатных осей.

Координатные системы местности используются для определения пространственного положения точек местности. К таким системам относятся как левые геодезические (Гаусса, УТМ, местная и др.), так и правые фотограмметрические.

Напомним, что в левой (французской) координатной системе последовательное преобразование осей $X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$ выполняется путем вращения их по часовой стрелке; в правой (английской) системе тот же результат достигается при вращении против часовой стрелки.

Геоцентрическая система координат $O'X'Y'Z'$ (рис. 20) используется при решении фотограмметрических задач на большие расстояния, при выполнении космических исследований и т. п. Ее начало O' совпадает с центром земного эллипсоида, ось $O'Z'$ направлена вдоль его оси вращения, плоскость $O'X'Y'$ располагается в плоскости экватора, ось $O'X'$ установлена в плоскости начального меридиана. Положение точки земной поверхности A в этой системе определяется прямоугольными координатами $X' = A''A'$, $Y' = O'A''$, $Z' = A'A$.

Система координат Гаусса $O_rX_rY_rZ_r$ используется для определения положения пунктов опорной геодезической сети и представления результатов фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки. Ее начало O_r совмещено с точкой пересечения осевого меридиана зоны и экватора, ось O_rX_r – с осевым меридианом, а ось O_rY_r направлена на восток. Положение точки местности A характеризуется координатами $X_r = A''A'$, $Y_r = O_rA''$, $Z_r = A'A$.

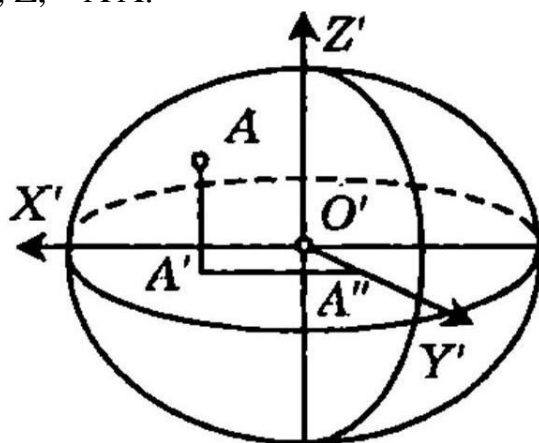


Рис. 20. Геоцентрическая система координат

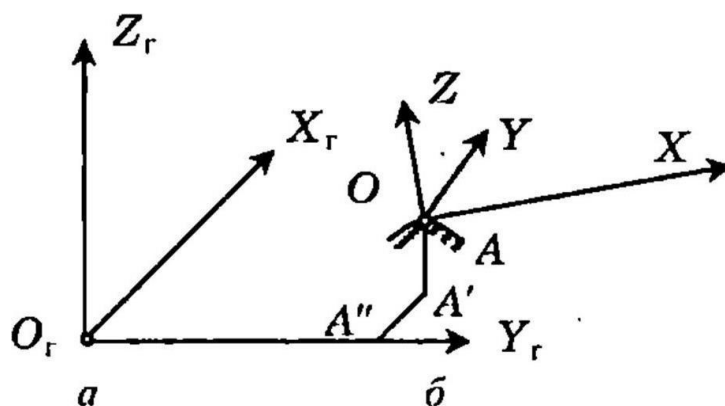


Рис. 21. Геодезическая (а) и фотограмметрическая (б) системы координат

Начало *местной системы координат* совмещается с произвольной точкой O_m , а оси $O_m X_m$, $O_m Y_m$ и $O_m Z_m$ параллельны соответствующим осям системы координат Гаусса. Положение точек в этой системе определяется пространственными координатами X_m , Y_m и Z_m .

Фотограмметрическая система координат $O X Y Z$ (рис. 21) выбирается так, чтобы зависимости между координатами соответственных точек снимка и местности имели наиболее простой вид. Ее начало совмещается с произвольной точкой (например, с точкой местности A или с центром проекции), а координатные оси направляются так, чтобы система оставалась прямоугольной и правой. Чаще всего ось $O X$ совмещают с направлением маршрута. Положение точек в фотограмметрической системе определяется координатами X , Y и Z .

Координатные системы аэроснимка предназначены для определения положения точек аэроснимков, являются прямоугольными, правыми и делятся на внутренние и внешние. Внешние координатные системы являются пространственными, а их начало совмещено с центром проектирования. Внутренние системы – плоские с началом в точке пересечения линий, соединяющих координатные метки снимка.

Плоская прямоугольная координатная система $o x y$ является внутренней и используется для определения положения точек аэроснимка (рис. 21 а, б). Ее начало совмещено с точкой пересечения линий 1–2 и 3–4, соединяющих противоположные механические координатные метки, ось $o x$ – с линией 1–2 (рис. 21, а) или параллельно ей (рис. 21, б), а ось $o y$ – устанавливают перпендикулярно оси x . Положение точки и аэроснимка определяется координатами x_m , y_m .

Иногда ось $o x$ совмещают с главной вертикалью, а ось $o y$ – с горизонталью, проходящей через главную точку снимка, точку нулевых искажений или точку надира. Начала координат в этих случаях совмещают с главной точкой, точкой нулевых искажений и точкой надира соответственно.

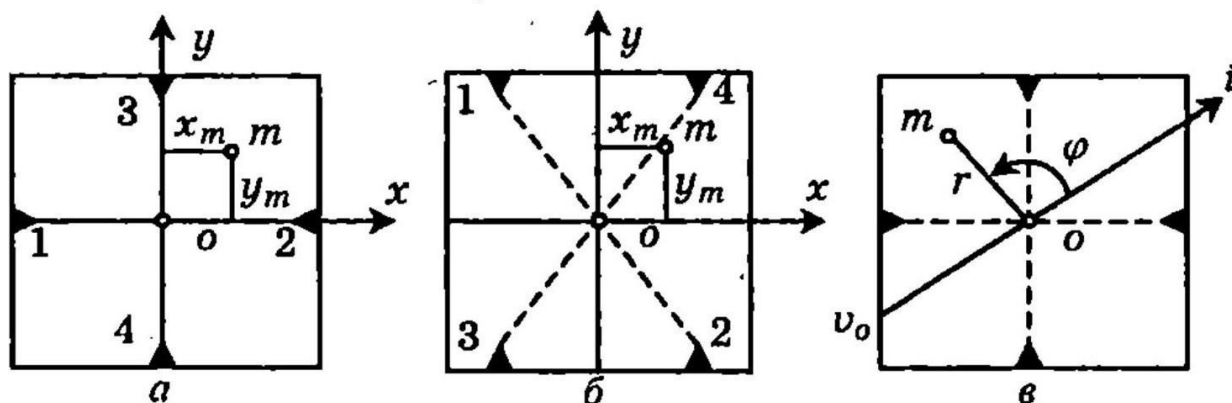


Рис. 22. Внутренние координаты системы аэроснимка

Если главная точка аэроснимка не совпадает с точкой пересечения координатных меток, то координаты произвольной точки аэроснимка в системе oxy (рис. 22):

$$x_m = x - x_o, y_m = y - y_o, \quad (21)$$

где x, y – измеренные координаты точки аэроснимка, а x_o, y_o – координаты главной точки аэроснимка.

Последние модели аэрокамер имеют в плоскости прикладной рамки оптические координатные метки или сетку крестов, координаты которых, найденные при калибровке аэрокамеры, являются носителями информации о координатной системе аэроснимка oxy . Наличие точных координат таких меток (крестов) обеспечивает аналитическое определение начала системы и положение ее координатных осей oxy .

Полярная система координат $or\varphi$ (рис. 21, в) является также внутренней, применяется при анализе изображения на аэроснимке и реализуется в конструкциях ряда фотограмметрических приборов. Ее начало совпадает с точкой пересечения линий, соединяющих противоположные координатные метки, полярная ось – с главной вертикалью iv_o , а ее положительное направление размещено в правой части снимка. Полярный угол φ отсчитывается от положительного направления главной вертикали против часовой стрелки.

Промежуточная система координат $Sxyz$ является внешней и пространственной. Ее начало размещено в центре проекции S , ось S_z совмещена с продолжением главного оптического луча, а оси S_x и S_y параллельны соответствующим осям системы координат аэроснимка oxy (рис. 24). В этой системе координатами точки аэроснимка t являются величины $x_m, y_m, z_m = -f$.

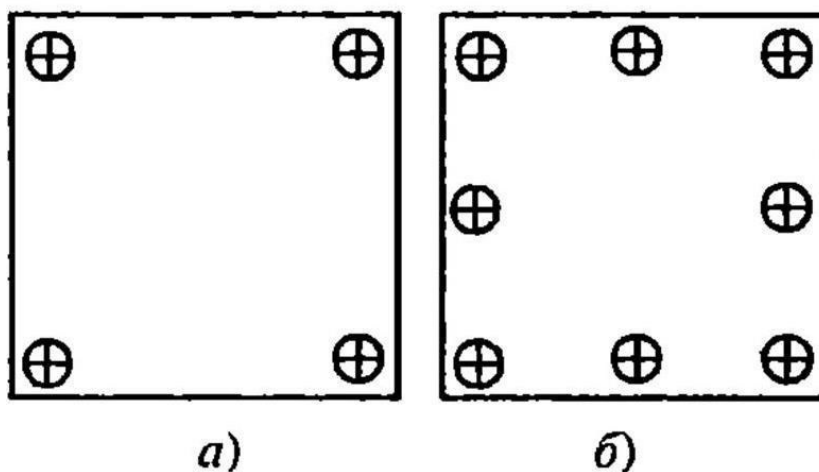


Рис. 23. Размещение четырех (а) и восьми (б) оптических координатных меток снимка

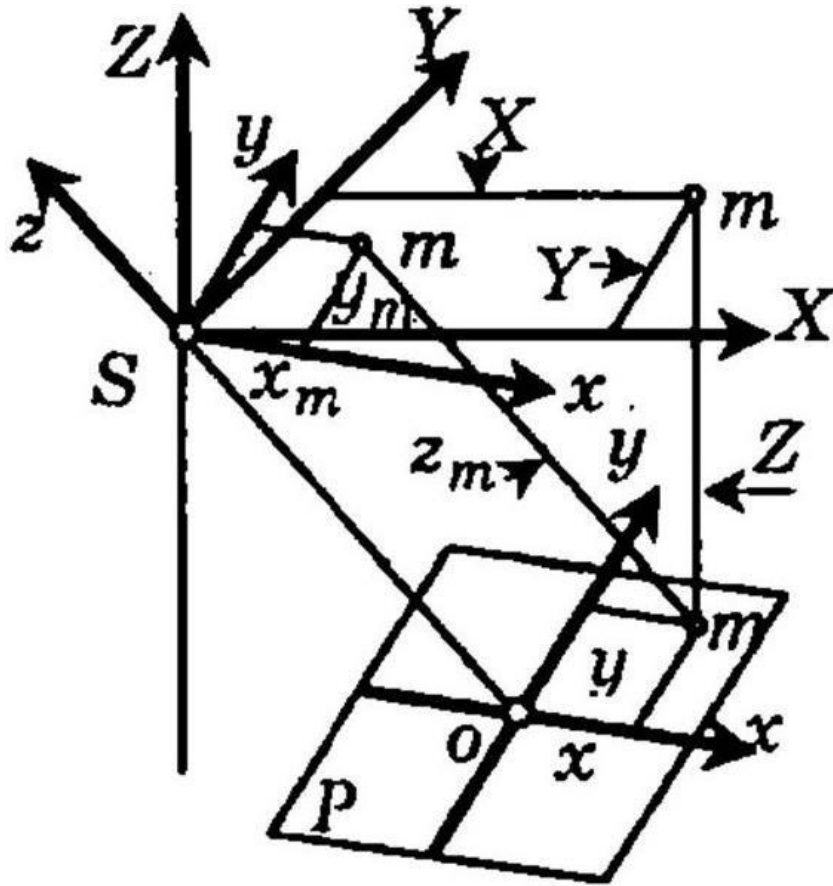


Рис. 24. Промежуточная система координат

К внешним относится также промежуточная система координат $S X Y Z$ (рис. 24), оси которой параллельны соответствующим осям фотограмметрической системы координат.

Контрольные вопросы

1. Какие системы координат применяют в фотограмметрии?
2. Для чего используются координатные системы местности?
3. В чем отличия левых и правых систем координат?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. – М.: КолосС, 2006. – 335 с.
2. Ильинский Н.Д., Обдиралов А.И., Фостиков А.А. Фотограмметрия и дешифрирование снимков. – М., Недра, 1985. – 375 с.
3. Обиралов А.И. Дешифрирование снимков для целей сельского хозяйства. – М.: Недра, 1982. – 144 с.
4. Обиралов А.И. Практикум по фотограмметрии и дешифрированию снимков. – М.: Недра, 1990. – 341 с.
5. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании топографических карт и планов. – М.: Недра, 1974. – 80 с.
6. Инструкция по дешифрированию снимков и фотопланов в масштабах 1:10000 и 1:25000 для целей землеустройства, государственного учета земель и земельного кадастра / ВИСХАГИ. – М., 1978. – 141 с.
7. Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1:10000 и 1:25000 (полевые работы). – М.: Недра, 1978. – 42 с.
8. Руководство по дешифрированию аэроснимков при кадастровых работах в сельских населенных пунктах. – М.: РосНИЦ, 1995.
9. Руководство по кадастровым съемкам сельских населенных пунктов фотограмметрическими методами. – М.: РосНИЦ, 1994.
10. Руководство по обновлению топографических планов и карт. – М.: Недра, 1978.