Федеральное агентство по образованию
ГОУВПО “Удмуртский государственный университет”

Географический факультет
Кафедра геодезии и геоинформатики

ФОТОГРАММЕТРИЯ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

Ижевск 2009

УДК 528.7(075.8)
ББК 26.12я723
О 15

Рекомендовано к изданию Учебно – методическим советомУдГУ

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, доцент Ю.А. Чиканов
Составитель: И. М. Копанева

О15 **Фотограмметрия.** : Метод. указ. по выполнению лабораторных работ / сост. И. М. Копанева; УдГУ. - Ижевск, 2009. - 26 с.

Методические указания подготовлены в соответствии с утвержденной программой курса «Фотограмметрия». Указания содержат программу курса, описание выполнения лабораторных работ расчетно-графического характера, с подробным указаниями к самостоятельной работе, примерную тематику курсовых работ.

Методические указания предназначены для студентов 3-го курса специальности «Картография».

УДК 528.7(075.8)
ББК 26.12я723

© Сост. И. М. Копанева, 2009
© ГОУВПО “Удмуртский государственный университет”, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Цель курса «Фотограмметрия» - познание теоретических основ и приобретение навыков применения методов и технических средств современной фотограмметрии. Фотограмметрические методы основаны на использовании объективной информации об объектах, содержащейся на фотоснимках, и находят широкое практическое применение при решении различных топографо-геодезических задач.

Материалы для изучения дисциплины изложены в учебниках.

В методических указаниях по каждому заданию приведено более двадцати вариантов. Номер своего варианта студент определяет по сумме номера зачетной книжки плюс единица (для заочников) или по списку ведомости (для очников).

Студентам для последующей профессиональной деятельности важно получить навыки работы со снимками, с учетом всех искажений которые влияют на геометрические свойства измеряемых изображений объектов.

Методические указания по курсу фотограмметрия предназначены для студентов как очной формы обучения, так и заочной формы обучения специальности «Картография».

Цель курса – усвоение студентами теории и применение на практике полученных навыков.

Основные задачи курса:

- ✓ изучение теории получения и обработки аналогового снимка в различных проекциях;
- ✓ применение теории в практических целях при обработке и ориентировании аналоговых снимков;
- ✓ получение навыков при работе с аналоговыми снимками и учет всех искажений, присутствующих на них.

Распределение часов по курсу:

- лекций 34 часа,
- лабораторных 17 часов,
- самостоятельная работа 32 часа.

Форма итогового контроля - экзамен.

ПРОГРАММА КУРСА

Учебно – тематический план

№ и/и	*Наименование тем и разделов*	*Аудиторные занятия в том числе (час.)*		
		лекции	*лабораторные*	*самостоятельные*
1	Введение. История фотограм-метрии	2		4
2	Теория одиночного снимка. Центральная проекция	1	2	4
3	Пространственные координаты точек снимка	1	1	3
4	Направляющие косинусов	2	2	4
5	Зависимость между коорди-натами соответственных точек	1	2	1
6	Масштаб снимка	1	2	2
7	Зависимость между углами на местности и на снимке	1		2
8	Линейные искажения Влияние искажений	2	2	1
9	Наблюдение и измерение снимков.	1	1	1
10	Аэрофотосъемочный процесс	1	2	3
11	Фотопланы и фотосхемы	1	1	1
12	Трансформирование снимков	1	2	2
13	Фотограмметрические приборы	1		4
ИТОГО		17	17	32

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Введение. Определение фотограмметрии как науки и технологии получения достоверной информации о предметах реального мира и окружающей их среде путем регистрации, измерения и интерпретации снимков и электромагнитного излучения, поступающего от системы датчиков. Дистанционное зондирование и фотограмметрия:, обработки и интерпретации дистанционных данных.история фотограмметрии. Цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами картографического профиля..

Теория одиночного снимка. Одиночные и взаимно перекрывающиеся аэрофотоснимки. Различия в проекциях аэрофотоснимка и карты. Эпюры.

Пространственные координаты точек снимка. Система координат и элементы ориентирования аэрофотоснимка.

Направляющие косинусов. Взаимосвязь координат точек снимка и местности. Две системы ориентирования. Вычисление направляющих косинусов.

Зависимость между координатами соответственных точек горизонтального и наклонного снимков. Аналитическое и графическое обоснование зависимость между координатами соответственных точек горизонтального и наклонного снимков.

Масштаб снимка. Масштаб аэрофотоснимка и его изменения под влиянием угла наклона снимка и рельефа местности. Влияние кривизны Земли, атмосферной рефракции и других факторов на масштабные искажения аэрофотоснимка.

Зависимость между углами на местности и на снимке. Угловые искажения аэрофотоснимка. Эллипсы искажений.

Линейные искажения. Влияние искажений. Аналитическое и графическое определение искажений при переходе от наклонного к горизонтальному снимку.

Наблюдение и измерение снимков. Монокулярное и бинокулярное зрение. Продольный и поперечный параллаксы. Возможности монокулярного и бинокулярного зрения.

Аэрофотосъемочный процесс. Типы летательных аппаратов, виды фотокамер и другого оборудования. Параметры лентосъемочного процесса.

Фотопланы и фотосхемы. Назначение и точность фотопланов и фотосхем.

Трансформирование снимков. Основы теории фотомеханического трансформирования. Монтаж фотоплана. Контурно-комбинированный метод создания топографических карт. Монтаж фотосхемы.

Фотограмметрические приборы. Универсальные стереокартосоставительские приборы и их классификация. Особенности обработки снимков на универсальных приборах с подобными преобразованными связками проектирующих лучей. Принципиальные схемы устройства наиболее распространенных приборов отечест венного и зарубежного производства. Краткие сведения о других универсальных приборах. Аналитические универсальные Стереокартосоставительские приборы.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование влияния наклона снимка на его метрические свойства

Исходные материалы и данные:

- плановый аэрофотоснимок равнинной местности;
- фотоплан (трансформированный снимок, или карта) этой же местности примерно такого же масштаба.

Порядок выполнения

1. Выбрать в каждом углу снимка (зоне) не приближаясь к его краю менее 10 мм (не выходить за рамку Романовского), по два базиса 1 – 2 и 3 – 4 длиной 20…30 мм (рис. 1). желательно чтобы каждая пара базисов пересекалась примерно под прямым углом, а точка их пересечения была центром симметрии образовавшихся плеч. Концами базиса должны быть надежно идентифицирующиеся точки снимка и фотоплана. Эти точки одновременно и аккуратно накалываются тонкой иглой (наколкой или иглой циркуля-измерителя) на снимке и фотоплане. Угловые зоны обозначаются римскими цифрами I … IV.

2. Выбрать и аналогично 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 (карты) (если он не на жесткой основе) наколы окружностями и обозначить цифрами. На фотоплане с жесткой основой точки фиксируются на лицевой стороне.

4. Измерить с помощью измерителя и масштабной линейки каждый базис на снимке и фотоплане (карте). Результаты заносят в табл. 1.

5. Вычислить значение знаменателя масштаба по каждому из базисов, используя формулу $m = L * M / l$ где M – знаменатель масштаба карты.
   Количество значащих цифр должно соответствовать числу значащих цифр в наиболее грубо определенном аргументе из использованных и вычислении плюс одна запасная цифра.

6. Определить среднее значение частного масштаба каждой зоны m ср.

7. Оценить ожидаемую точность использования среднего масштаба каждой зоны при измерении линий любого направления в этой зоне по формуле $1/t = (m-m\ ср)/ m\ ср$. Результаты выразить аликвотной дробью.

8. Определить знаменатель среднего масштаба снимка по масштабам в четырех угловых зонах, используя формулу $m\ ср= \Sigma\ m / 4$.

9. Оценить ожидаемую точность использования среднего масштаба снимка при линейных измерениях в любой его части и по любому направлению по формуле $1/ T = (m – m\ ср)_{max}/ m\ ср$.

Таблица 1

Зона	Базис	Длина базиса		Знаменатели масштабов		Точность масштаба в зонах 1/ t	Знаменатель среднего масштаба снимка, m ср	Точность среднего масштаба снимка 1/T
		на снимке l	на карте L	по базисам	в зонах			
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							

10. На основе теории можно утверждать, что полученное значение знаменателя масштаба m ср. должно при выполнении некоторых условий быть равным среднему значению знаменателя масштаба зоны V. Если равенства нет, то обосновать возможное отклонение, а

при недопустимом отклонении найти ошибки.

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование влияния рельефа местности на метрические свойства снимка

Исходные материалы и данные:

- горизонтальный аэроснимок всхолмленной местности;
- фотоплан (карта) этой же местности примерно такого же масштаба с горизонталями.

Порядок выполнения

1. Выбрать в каждом углу снимка (зоне), не приближаясь к его краю менее 10 мм (не выходить за рамку Романовского), пользуясь фотопланом (картой) 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. 1).

2. Выбрать в каждом углу снимка (зоне) не приближаясь к его краю менее 10 мм (не выходить за рамку Романовского), по два базиса 1 – 2 и 3 – 4 длиной 20…30 мм (рис. 1) и зафиксировать наколами,. соблюдая условия, изложенные в лабораторной работе № 1.

Особым условием здесь будет непременность расположения одного из базисов вдоль, а другого поперек направления ската наклонного участка.

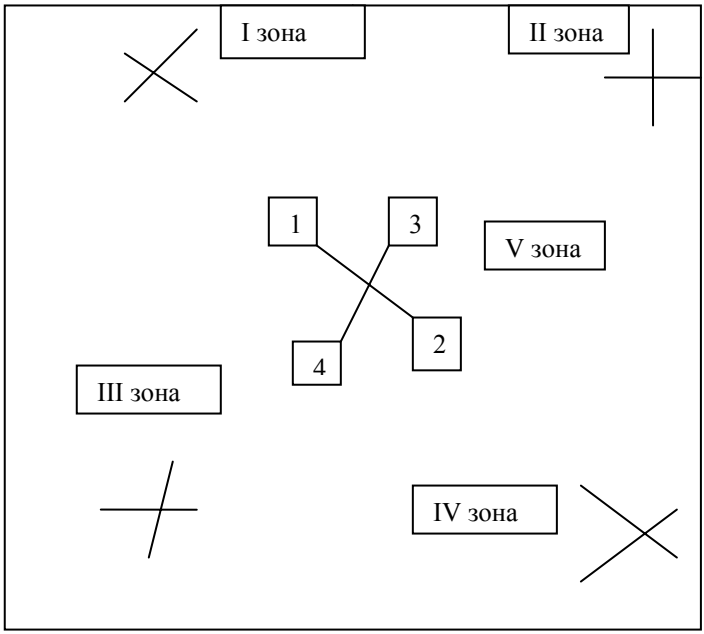


Рис. 1. Правила расположения базисов при определении частных масштабов снимка

3. Измерить и обработать результаты аналогично соответственным пунктам в лабораторной работе № 1. Результаты заносят в табл. 1.

4. Дать письменное заключение и возможности метрических действий на горизонтальном (или почти горизонтальном) снимке всхолмленной местности.

Лабораторная работа № 3

Построение основных плоскостей и точек центральной проекции

Исходные материалы и данные:

- ватман А4 формата;
- линейка, карандаш 2Т;
- данные в табл. 2.

Таблица 2

№ варианта	α	f мм	H мм	Объект для отображения
1	60	8	50	Произвольная точка в плоскости Е
2	65	10	55	Отрезок параллельный линии VV в плоскости Е
3	70	12	75	Произвольная точка в плоскости Е
4	50	14	65	Отрезок перпендикулярный линии VV в плоскости Е
5	55	15	70	Отрезок под произвольным углом к линии VV в плоскости Е
6	58	16	55	Отрезок перпендикулярный к плоскости Е
7	62	18	80	Произвольная точка в плоскости Е
8	68	20	85	Отрезок параллельный линии VV в плоскости

				E
9	72	8	90	Произвольная точка в плоскости E
10	52	10	48	Отрезок перпендикулярный линии VV в плоскости E
11	75	12	70	Отрезок под произвольным углом к линии VV в плоскости E
12	60	14	55	Отрезок перпендикулярный к плоскости E
13	65	15	80	Произвольная точка в плоскости E
14	70	16	85	Отрезок параллельный линии VV в плоскости E
15	50	18	50	Произвольная точка в плоскости E
16	55	20	60	Отрезок перпендикулярный линии VV в плоскости E
17	58	8	55	Отрезок под произвольным углом к линии VV в плоскости E
18	62	10	80	Отрезок перпендикулярный к плоскости E
19	68	12	85	Произвольная точка в плоскости E

20	72	14	90	Отрезок параллельный линии VV в плоскости Е
21	52	15	48	Произвольная точка в плоскости Е
22	75	16	70	Отрезок перпендикулярный линии VV в плоскости Е
23	62	8	55	Отрезок под произвольным углом к линии VV в плоскости Е
24	68	10	80	Отрезок перпендикулярный к плоскости Е
25	72	12	85	Произвольная точка в плоскости Е
26	52	14	50	Отрезок параллельный линии VV в плоскости Е
27	75	15	75	Отрезок под произвольным углом к линии VV в плоскости Е

Порядок выполнения

1. Вычертить по данным все основные плоскости, линии и точки по данным из табл. 2.

2. Произвольно вычертить горизонтальную плоскость Е. Посередине продольно дать линию следа от вертикальной плоскости VV.

3. Вычертить картинную (наклонную) плоскость P под углом **α** к плоскости E. Также дать на ней след от вертикальной плоскости VV. Картинная и горизонтальная плоскости пересекаются по линии tt.

4. Высота фотографирования переведена в масштаб и дана в мм. На высоте фотографирования к картинной плоскости примкнуть плоскость E1 по линии ii (линия истинного горизонта) параллельную к горизонтальной (плоскости E).

5. Точка пересечения, образованная линиями VV и ii будет главной точкой (схода) истинного горизонта I. От точки I в плоскостиE1 по линии VV отложить отрезок равный IS (точка S центр проекции или точка фотографирования).

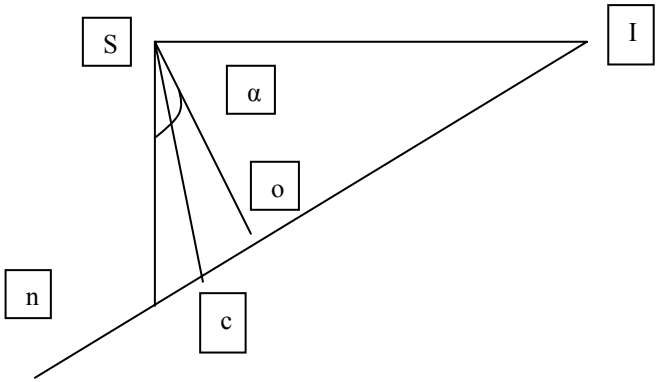
6. От точки S отложить перпендикуляр к линии VV в картинной плоскости P, образуется точка O (центр снимка), проконтролировать данную точку, проверив отрезок OI.

7. Отложить отрезок oc и on по линии VV в картинной плоскости P (c – точка нулевых искажений, угол oSc равен половине угла **α; n** – точка надира).

8. Вычислить oc, on, oI и сравнить с графическими результатами, данные занести в таблицу 3.
   Угол IoS прямой, угол cSn равен α / 2. Фокусное расстояние камеры f = So, Угол oSn равен α и является отклонением оптического луча от отвесной линии.

Таблица 3

	on	oc	oI	SI
аналитичес				
графичес				



.

Рис. 2. Основные точки центрального проектирования

Лабораторная работа № 4

Отображение объектов из горизонтальной плоскости в картинную плоскость. Эпюры сложения и растяжения

9. На плоскости Е взять произвольно точку А или линию произвольного направления и отобразить в картинной плоскости Р.

10. Из точки А опустить перпендикуляр на линию tt получится точка А1.

11. Точку А соединить с точкой S.

12. Точку А1 соединить с точкой I.

13. Пересечение линий А - S и А1 – I даст точку а (изображение точки А в картинной плоскости).

14. Построить эпюры сложения и растяжения.

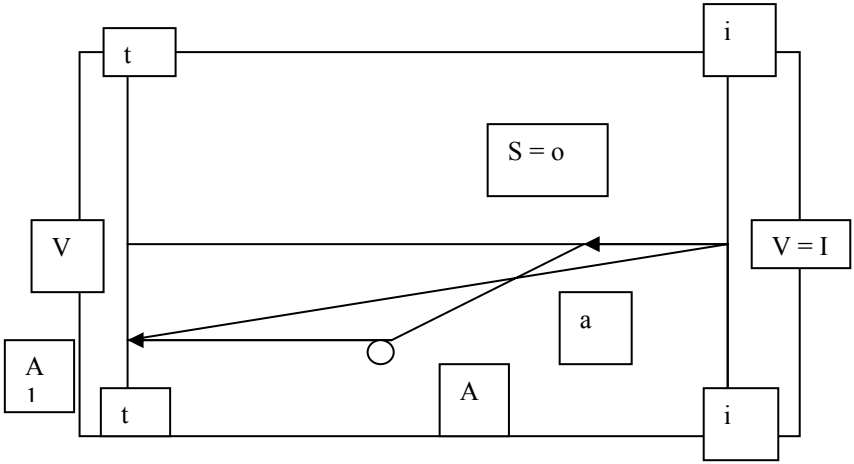


Рис. 3. Отображение точки на эпюре сложения

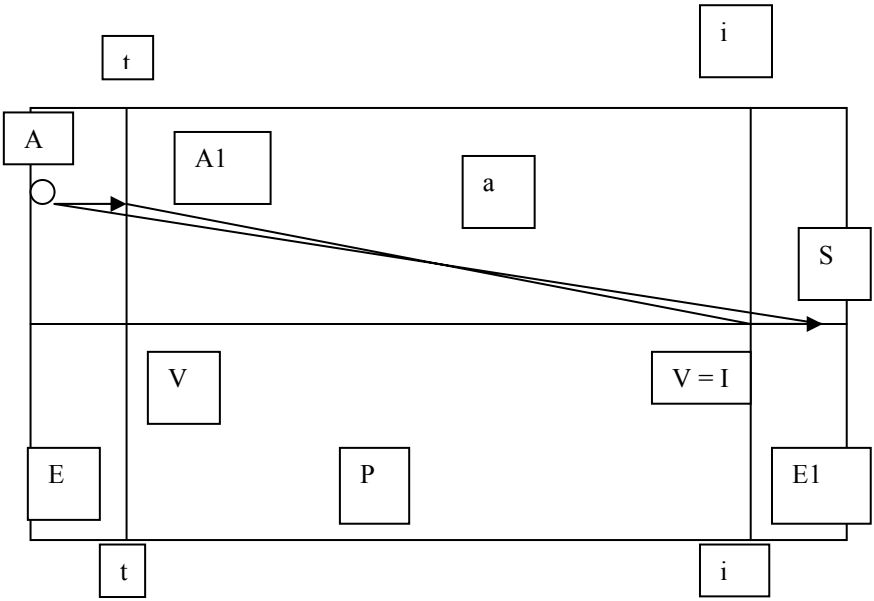


Рис. 4. Отображение точки на эпюре сложения

Лабораторная работа № 5

Определение линейных искажений при переходе от наклонного к горизонтальному снимку

Исходные материалы и данные:

- дано фокусное расстояние камеры - f, угол отклонения оптической оси от отвесной линии - α, угол разворота снимка - χ, 4 точки с координатами x, y – определенных в системе координат наклонного снимка, данные в табл. 4;
- ватман А4, транспортир, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения

1. Вычислить по данным в таблице 4 расстояния Io, oc, o^oc,

– где о – центр наклонного снимка, o^o - центр горизонтального снимка.

Таблица 4

Пока-затель	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f мм	70	100	140	200	70	100	140	200	70
α град	5	20	33	40	4	20	35	45	6
χ град	10	20	30	40	50	60	70	80	15
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
f мм	100	140	200	70	100	140	200	70	100
α град	25	36	44	8	20	38	46	10	22
χ град	25	35	45	55	65	75	130	145	100
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
f мм	140	200	140	200	100	70	100	140	200
α град	40	40	42	38	24	12	26	46	41
χ град	120	135	150	110	120	145	150	155	160

Таблица 5

Вариант	Участок							
	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1 - 7	-30	30	30	30	-30	-30	30	-30
8 - 15	-40	40	40	40	-40	-40	40	-40
15 - 22	-50	50	50	50	-50	-50	50	-50
22 - 27	-45	45	45	45	-45	-45	45	-45

2. Вычертить посередине листа (вдоль) линию VV, отложить от края точку и принять ее за I – главная точка схода, от нее отложить расстояние Io. В точке о построить систему координат наклонного снимка с

учетом угла поворота – χ. Нанести 4 точки по заданным координатам x, y в табл. 5.

3. Отложить от точки о отрезок ос, построить линию сс перпендикулярную линии VV.

4. Построить вектора r точек наклонного снимка (за центр берется точка нулевых искажений - с). Получить вектора r^{o} для горизонтального снимка (обратное построение, описанное в лабораторной № 4).

5. Измерить угол φ для каждой точки горизонтального снимка (угол отсчитывается от оси x против часовой стрелки). Измерить разницу векторов Δr. Вычислить разницу векторов Δr по графическим данным – углу φ и вектору r^{o} .
$\Delta r = (r^2 * \cos\varphi * \sin\alpha)/(f - r * \cos\varphi * \sin\alpha)$

6. Занести данные в табл. 6.

Таблица 6

	1	2	3	4
Δr графич				
Δr аналитич				

Лабораторная работа № 6

Монтаж фотосхемы из аэроснимков

Исходные материалы и данные:

- набор плановых аэроснимков местности (учебные);
- карта (учебная) этой же местности примерно такого же

масштаба.

Порядок выполнения

1. По снимкам трех маршрутов составить фотосхему, начиная со среднего маршрута. Вычислить средний масштаб фотосхемы, пользуясь лекционным материалом.

Лабораторная работа № 7

Определение высоты фотографирования

Исходные материалы и данные:

- набор плановых аэроснимков местности (учебные);
- фокусное расстояние камеры f = 70 мм, масштаб карты 1 : 10 000, главный масштаб снимков 1 : 14 000;
- карта этой же местности примерно такого же масштаба с горизонталями;
- пропорциональный циркуль;
- калькулятор.

Порядок выполнения

1. Определить центр снимка по меткам.

2. Вычертить 2 отрезка, проходящие в радиусе одного сантиметра от центра снимка, чтобы концы отрезков были равноотстоящие от центра снимка.

3. Определить коэффициент увеличения карты относительно снимка, используя твердые контура с помощью пропорционального снимка.

4. Перенести соответственные точки со снимка на карту от твердых точек, используя пропорциональный циркуль.

5. Определить масштабы обоих отрезков и вычислить средний масштаб.

6. Определить способом интерполяции максимальную и минимальную высоты точек на карте для области рабочего снимка. Вычислить Абсолютную среднюю высоту.

7. Вычислить высоту полета для данного объекта по формуле $H = H_{ср} + f * m$.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буров М. И., Краснопевцев Б. В., Михайлов А. П. Практикум по фотограмметрии: Учеб. Пособие для вузов. М.: Недра, 1987. 302 с.
2. Графический материал к лекционному курсу "Фотограмметрия". Ч.1 / УдГУ;Сост.И.М.Копанева, А.С.Мамаков, Л.Р.Терентьева. Ижевск, 2000. 29.
3. Графический материал к лекционному курсу "Фотограмметрия". Ч.2 / УдГУ;Сост.И.М.Копанева,А.С.Мамаков,Л.Р.Терентьева. Ижевск, 2000. 30.
4. Калантаров Е. И. Фотограмметрическое инструментоведение: Учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1986. 126 с.
5. Куштин И. Ф. Лысков Г. А. Фотограмметрия снимка и стереоскопических моделей. М.: Недра, 1984. 169 с.
6. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Аспект Пресс, 2004. 184 с.
7. Лаврова Н. П., Стеценко А. Ф. Аэрофотосъемка. Аэрофотосъемочное оборудование: Учебник для вузов. М.: Недра, 1983. 296 с.
8. Лобанов А. Н. Фотограмметрия: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 552 с.
9. Мороз В. А., Яблонския Л. И. Трансформирование снимков. М.: Недра, 1997. 244 с.
10. Обиралов А. И., Лимонов А. Н., Гаврилова Л. А. Фотограмметрия. М. КолосС, 2004. 240 с.
11. Практикум по фотограмметрии и дешифрированию снимков. Учеб. пособие для вузов./ А. И. Обиралов, Я. И. Гельгарт, Н. Д. Ильинский и др. М.: Недра, 1990. 286 с.
12. Рапасов П. Н. Стереофотограмметрия для целей картографирования и решения инженерных задач. М.: Недра, 1983. 320 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……... 3
ПРОГРАММА КУРСА …… 5
СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГОКУРСА ……..... 6
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ……...8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Исследование влияния наклона снимка на его метрические свойства 8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Исследование влияния рельефа местности на метрические свойства снимка ……..…11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Построение основных плоскостей и точек центральной проекции ……13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Отображение объектов из горизонтальной плоскости в картинную плоскость. Эпюры сложения и растяжения….....17

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Определение линейных искажений при трансформировании наклонного в горизонтальный снимок ……19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Монтаж фотосхемы из аэроснимков……21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Определение высоты фотографирования …….…….....22
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……..……....24

Составитель **ИРИНА МИХАЙЛОВНА КОПАНЕВА**

ФОТОГРАММЕТРИЯ

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Напечатано в авторской редакции с оригинал макета заказчика
Подписано в печать 17.12.09.
Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Печать офсетная.
Усл. печ. л .1,5. Уч. – изд. л. 1,3.
Тираж 30 экз. Заказ №
Редакционно-издательский отдел УдГУ
РИО, типография издательства “Удмуртский университет”
426034, Ижевск, Университетская, 1, корп.4.