

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 07.06.2023 10:49:55  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
Образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра экспертизы и управления недвижимостью, горного дела

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

О.П. Локтионова  
« 1 » 06



## ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Методические рекомендации по выполнению  
практических работ по дисциплине «Фотограмметрия и ди-  
станционное зондирование»  
для студентов направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и ка-  
дастры» профиля «Городской кадастр»

Курск 2022

УДК 528.48(075.8)

Составители: Новикова Т.М.

Рецензент

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В.Ф. Гранкин*

**Фотограмметрия и дистанционное зондирование:** методические рекомендации по выполнению практических работ / Юго-западный государственный университет; составители: Т.М. Новикова Курск, 2022. 16 с.: илл. 5. Библиогр.: с. 16.

Содержатся практические рекомендации по решению инженерно-технических задач на аэрофотоснимках и космических снимках.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной на заседании кафедры ЭиУНГД протокол №8 от «92 » апреля 2022 года.

Предназначены для студентов направления подготовки (специальности) 21.03.02 Землеустройство и кадастры для профиля «Городской кадастр».

Текст печатается в авторской редакции.

Подписано в печать . 12. Формат 60x84. 1/16.

Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд. л. 0,95. Тираж 50 экз. Заказ . Бесплатно. *В.Ф. Гранкин*

Юго - Западный Государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Оптические основы центрального проектирования	4
2. История развития фотограмметрии	5
3. Зеркальный стереоскоп MS16	8
3.1. Спецификация зеркального стереоскопа	8
3.2. Стереоскопическое изучение аэрофотографий на зеркальном стереоскопе	8
3.2.1. Ориентирование аэрофотоснимков	8
3.2.2. Установка стереоскопа	11
3.3. Стереоскопические измерения	12
3.4. Обслуживание зеркального стереоскопа	13
4. Задание	14
Основная литература	15
Вопросы для самоконтроля	16

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время составление и обновление топографических карт в подавляющем большинстве случаев выполняется фотограмметрическими методами, что способствует сокращению полевых работ и увеличению производительности труда. Кроме того, в последние годы все более широкое применение в различных видах инженерных изысканий, при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений получают методы фотограмметрии, которые обеспечивают ведение всех основных проектно-изыскательских работ на наиболее высоком уровне механизации и автоматизации производства, повышают качество, производительность и обоснованность проектирования, снижают его сроки и стоимость. В последнее время в фотограмметрии широко применяются цифровые методы. В связи с этим возрастают требования к подготовке инженерно-технических работников в области фотограмметрии.

Цель преподавания дисциплины – дать необходимые знания в области фотограмметрии, развить у студентов способность применять полученные знания на производстве.

Курс «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» базируется на знании основ физики, инженерной геодезии, математики, аэрофотографии, теории математической обработки геодезических измерений, вычислительной техники.

### 1. ОПТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Термин «фотограмметрия» происходит от греческих слов: *fotos* – свет; *gramma* – запись; *metro* – измеряю. Фотограмметрия определяет формы, размеры и положения предметов в пространстве по их фотографическим изображениям. Все то, что можно сфотографировать, может быть предметом фотограмметрических измерений. Фотограмметрические методы применяются в астрономии, археологии, архитектуре, медицине, геологии, лесном деле и других областях. Наибольшее же применение фотограмметрия получила в геодезии, где объектом фотографирования является местность, по фотоснимкам которой

создаются планы и карты. Этот раздел фотограмметрии получил название фототопографии. Фототопографические методы создания карт и планов способствуют сокращению полевых работ, увеличению производительности, делают их минимально зависимыми от климатических и физико-географических условий местности.

Создание топографических карт масштабов 1:2000 и мельче в подавляющем большинстве выполнено фотограмметрическими методами.

В некоторых случаях фотограмметрические методы являются единственно возможными для получения карт: съемки взволнованной поверхности морей и океанов, картографирование других планет, труднодоступные территории.

## 2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ФОТОГРАММЕТРИИ

Измерительную фотографию, т.е. фотограмметрию, можно назвать и измерительной перспективой, так как фотографическое изображение представляет собой изображение перспективное. Таким образом, развитие фотограмметрии связано с историей развития теории перспективы и фотографии.

Основание для построения перспективных изображений было положено в средние века (XV – XVI вв.). Перспективное изображение получается при рассматривании предмета через отверстие и прозрачную пластинку камеры. К средним векам относится также и открытие способа обратного перспективного изображения при помощи камеры – обскуры (от латинского *obscurus* – темный). Световые лучи, идущие от предметов, проходят через круглое отверстие в передней стенке камеры и на противоположной отверстию стенке дают обратное перспективное изображение, которое можно получить графически на бумаге, прикрепленной к стенке. Для увеличения резкости применялась линза.

Дальнейшие работы над усовершенствованием камеры – обскуры привели к созданию переносной камеры – клары (светлой камеры). В камере имеется зеркало, установленное под углом  $45^\circ$  к оптической оси линзы. Предмет может изобразиться на доске, расположенной под камерой. Его можно зарисовать на бумаге, прикрепленной к доске. В 1791 – 1792 гг. французский ученый

гидрограф Ботан-Бопре во время научной экспедиции получил при помощи камеры – клары перспективное изображение береговой полосы острова Санта-Круц и использовал этот материал для составления плана. Этот очень кропотливый и неточный способ построения перспективных изображений не мог получить широкого применения.

Задолго до применения фотографии были решены две основные задачи будущей фотограмметрии: прямая – построение перспективного изображения местности и обратная – построение плана местности по ее перспективным изображениям. Не хватало только фотографического способа фиксации перспективных изображений.

Первые фотоснимки были получены в 1839 г. Дагером (Франция) и Тальботом (Англия). Первое указание на применение фотоснимков для составления топографических карт принадлежит французскому физику, астроному и геодезисту Арго и относится к 1840 году.

В 1849 г. Лосседа, офицер корпуса инженеров французской армии, пытался теоретически доказать, что фотоснимки могут быть с успехом использованы для составления топографических карт. Он впервые использовал фотографию для наземной фотосъемки, сконструировав в 1859 г. для этой цели специальный аппарат. Полковник Лосседа с полным правом может быть назван основателем фотограмметрии.

В 1851 г. опубликован способ получения фотографического изображения, известный под названием мокроколлоидного процесса, при котором светочувствительный слой изготовлялся и наносился на стеклянную пластинку непосредственно перед фотографированием, а экспонирование пластинок и их проявление производилось при мокром состоянии светочувствительного слоя, поэтому пользовались полевой фотолабораторией.

В 1858 г. во Франции был проведен опыт по фотографированию местности с привязанного аэростата. При этом снимок оказался в пятнах от действия газа, выделяемого из аэростата, на мокрый светочувствительный слой пластинки. Поэтому дальнейшее развитие воздушной съемки прекратили и возобновили только через полстолетия.

В 1871 г. были изобретены пластинки с сухим светочувствительным слоем, изготавливаемые фабричным способом. Широкое внедрение таких пластинок началось с 1873 г. и к 1882 г. они вытеснили мокроколлоидные.

### 3. ЗЕРКАЛЬНЫЙ СТЕРЕОСКОП

SOKKIA TOPCON CO., LTD. (Japan)

SURVEYING INSTRUMENTS (ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ  
ИНСТРУМЕНТЫ)

SOKKIA MS16

Mirror Stereoscope

ЗЕРКАЛЬНЫЙ СТЕРЕОСКОП

SURVEYING INSTRUMENTS

SOKKIA MS16

#### 3.1. СПЕЦИФИКАЦИЯ.

Фокусное расстояние:	16 см
Поле зрения:	100 мм * 100 мм.
Увеличение:	1.5
Расстояние между зрачками ( базис стереоскопа ):	64 мм
Размеры:	96 * 140 * 312 мм
Вес, MS16:	0,7 кг
деревянный ящик:	0,7 кг

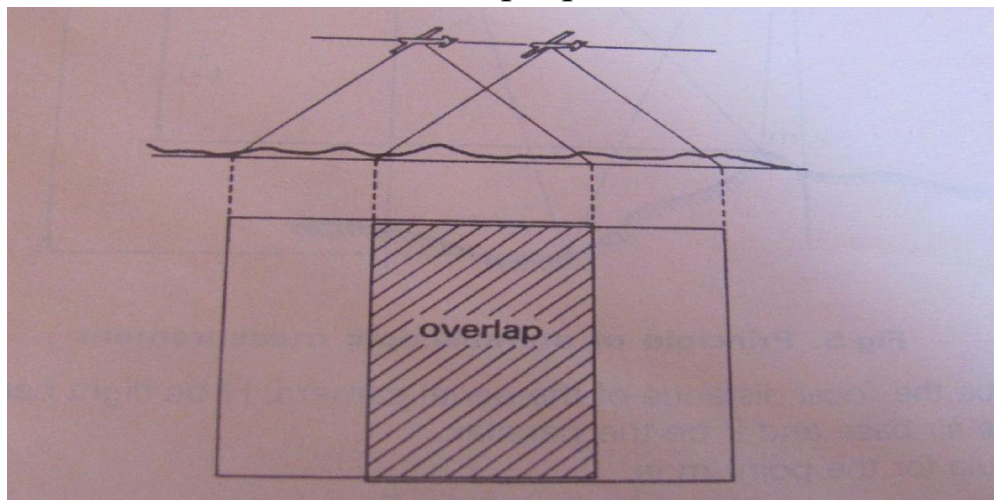
#### 3.2. СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АЭРОФОТОГРАФИЙ С ПОМОЩЬЮ ЗЕРКАЛЬНОГО СТЕРЕОСКОПА MS16

##### 3.2.1.ОРИЕНТИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ.

(1) Используются две аэрофотографии, взятых подряд в непрерывном ряду. Обычно, перекрытие двух аэрофотоснимков примерно составляет 60%. (См. рис. 1.).



перекрытие 60%



левый аэрофотоснимок

правый аэрофотоснимок

Рис. 1. Перекрытие двух аэрофотоснимков.

(2). Определить главные точки М и N (центры аэрофотоснимков) на двух аэрофотоснимках. Главные точки находятся на пересечении двух линий, которые соединяют точные четыре метки ( марки ), находящиеся посередине каждой стороны каждого аэрофотоснимка, ( или в четырех углах ) (рис.2). ) в центре.

Провести пунктирную линию ( 10 до 15 мм приблизительно ) в центре аэрофотоснимка с помощью твердого и острого карандаша. Избегать вычерчивать их слишком длинными, так чтобы это не помешало следующей операции.

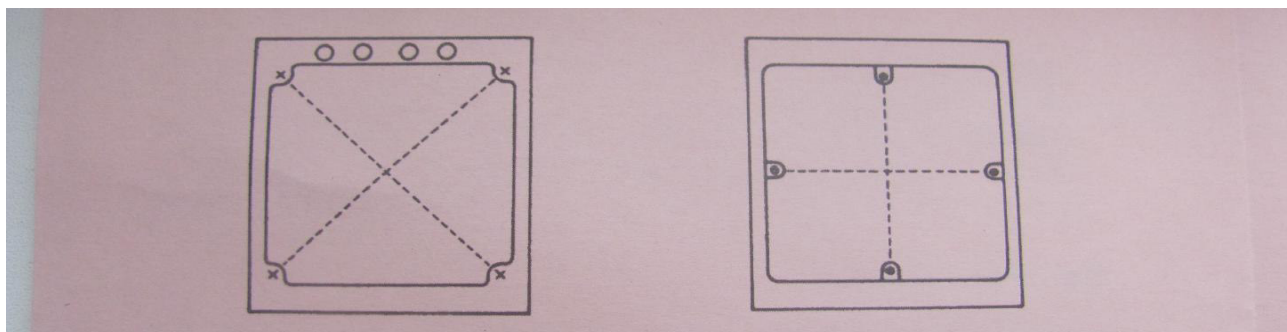
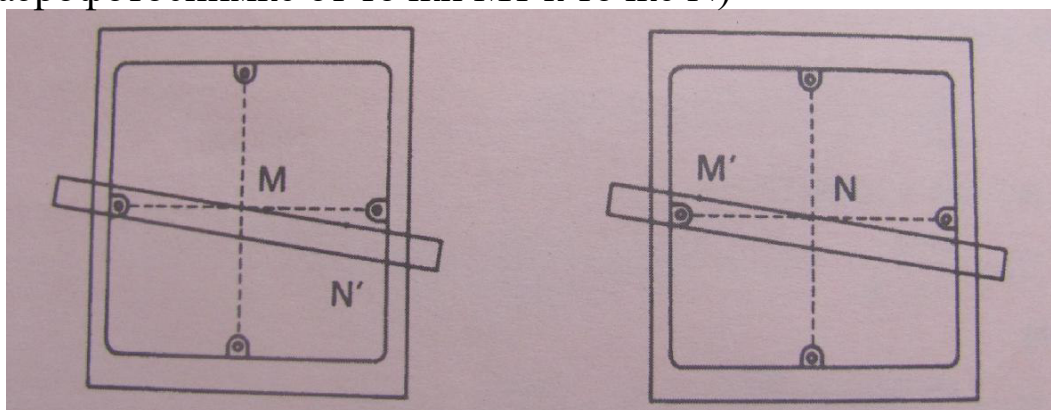


Рис. 2. Главные точки аэрофотоснимков.

(3). Перенести главную точку левого аэрофотоснимка

на правый аэрофотоснимок ( точку  $M$  в  $M1$ ) и главную точку правого аэрофотоснимка (  $N$  ) перенести на левый аэрофотоснимок (  $N1$  ). Дирекционное (главное) направление полета закреплено на опорных пунктах левого и правого аэрофотоснимков. Направление оси абсцисс слева направо, ( на левом от точки  $M$  к точке  $N1$ , а на правом аэрофотоснимке от точки  $M1$  к точке  $N$ )



левый аэрофотоснимок

правый аэрофотоснимок

Рис. 3. Главные (принципиальные) точки и база аэрофотосъемки

Перенос должен быть выполнен очень тщательно и аккуратно. Используйте острый карандаш или иглу для того чтобы поставить метку (точку), маленькие метки могут быть обведены красным карандашом. Сейчас, главные (принципиальные) точки  $M$  и  $N$  преобразованы в  $M1$  и  $N1$  соответственно. Соедините  $M$  и  $N1$ , а также  $M1$  и  $N$ . Протянуть соединительные линии до сторон аэрофотографий (метки на рис. 3 ).

(4) Ориентировать аэрофотоснимки на столе, как показано на рис. 4.

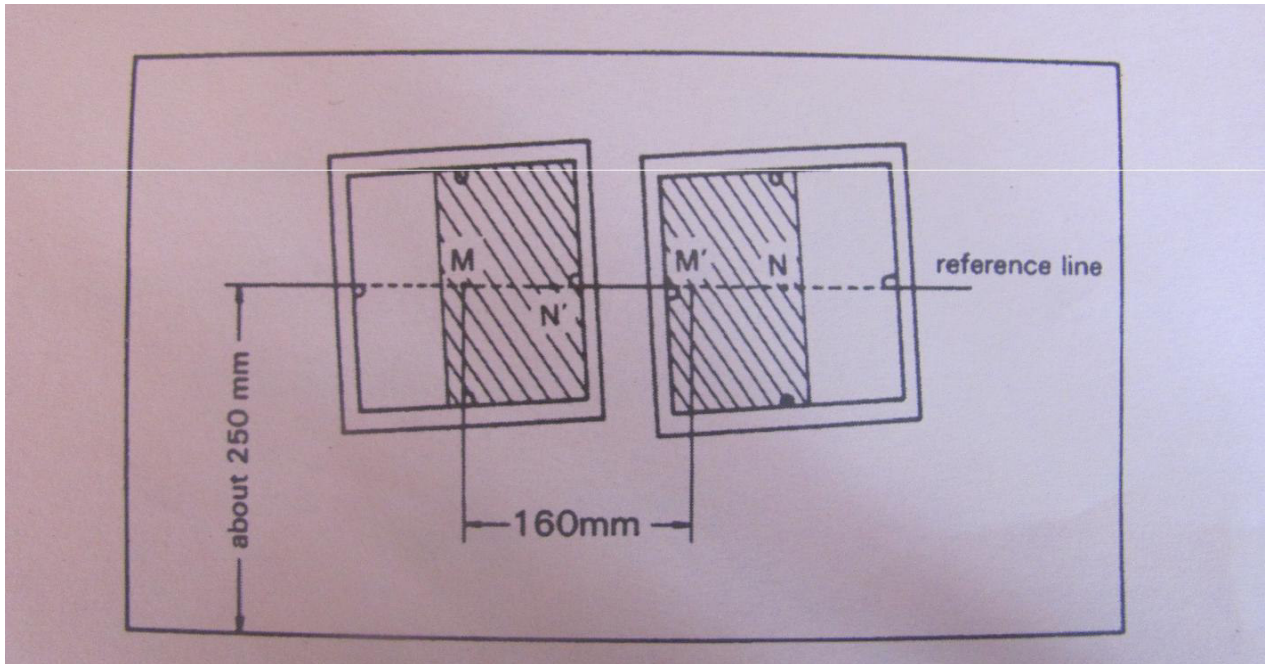


Рис. 4. Ориентирование аэрофотоснимков на столе.

Для удобства проведите длинную вспомогательную прямую параллельно краю стола примерно на расстоянии 25 см от края стола (reference line – опорная вспомогательная линия для удобства).

Во-первых, убедитесь, что перекрывающиеся части двух аэрофотографий расположены правильно каждая со своей стороны. Выровняйте опорные пункты двух аэрофотографий точно по опорной вспомогательной линии (reference line). Расположите точки M и M1 или точки N1 и N на расстоянии 160 мм, передвигая аэрофотографии и удерживая на базовые (опорные) точки обеих аэрофотографий на опорной линии (reference line). После этого прикрепите аккуратно обе аэрофотографии на столе с помощью липкой ленты (скотч), для того чтобы они не сдвинулись во время работы.

### 3.2.2. УСТАНОВКА ЗЕРКАЛЬНОГО СТЕРЕОСКОПА MS16.

Поместите зеркальный стереоскоп MS16 параллельно опорной линии и посмотрите в окуляры. Если Y-параллакс слишком велик и стереоскопическое изображение нечеткое, в таком случае удерживайте левую аэрофотографию на месте, а правую

аэрофотографию перемещайте туда сюда до тех пор пока будет достигнут хороший стереографический эффект.

### 3.3. СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ.

#### (1). Принципы стереоскопических измерений.

Стереоскопические измерения подразумевают измерения относительных высот (отличий высот) между двумя или большим количеством точек на основании измерений X-параллакса. Принципы следующие. (Смотри рис.5.).

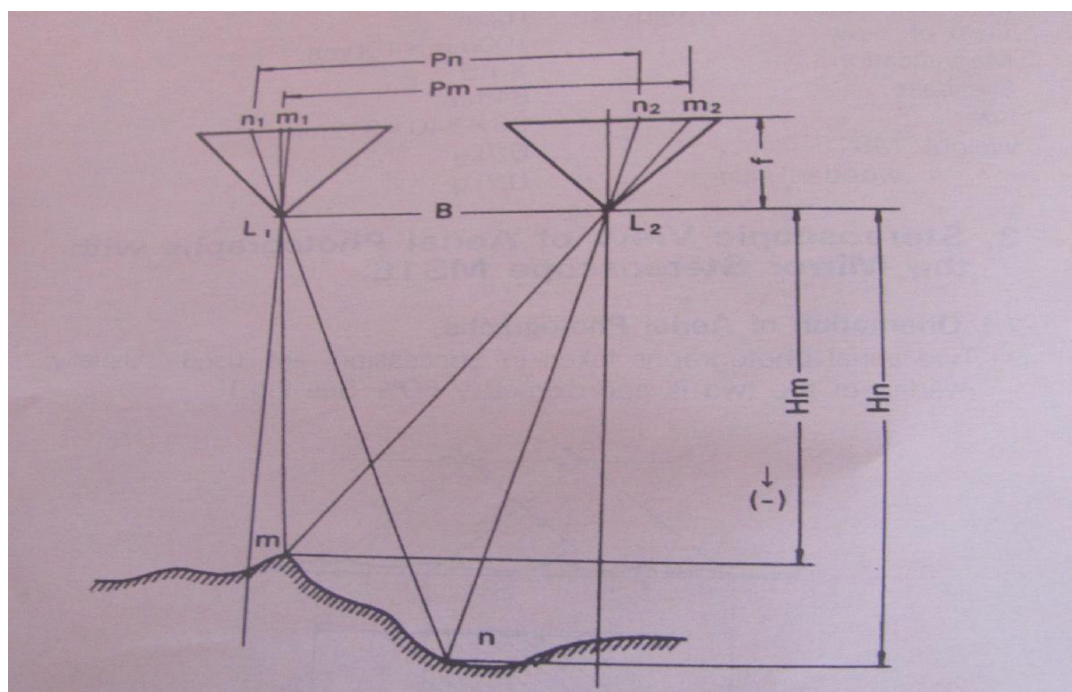


Рис. 5. Принципы стереоскопических измерений.

Допустим

$f$  - фокусное расстояние аэрофотокамеры,

$H$  - высота полета самолета,

$B$  - воздушная база,

$P$  - X- параллакс.

параллакс продольный - X-параллакс -  $P_x = X(a1) - X(a2)$ , где  $X(a1)$

,  $X(a2)$  - абсциссы соответственных точек  $a1$  ( на левом аэрофотоснимке ) и  $a2$  ( на правом );

параллакс поперечный  $Y$  - параллакс -  $P_y = Y(a1) - Y(a2)$ ,

где  $Y(a_1)$ ,  $Y(2a)$  - ординаты соответственных точек  $a_1$  ( на левом) и  $a_2$  ( на правом ).

Формула для определения точки –  $m$  следующая:

$$P_m = (f \cdot V) / H_m;$$

а для точки –  $n$  – мы имеем:

$$P_n = (f \cdot V) / H_n ;$$

Разность параллаксов (  $dP$  ) точки (  $n$  ) относительно точки (  $m$  ) следующая:

$$dP = P_m - P_n = (H_n - H_m) / (H_m - H_n) \cdot f \cdot V,$$

если мы выразим связь высотных отметок  $H_m - H_n$  как  $dH$  мы получим:

$$dP = ((-dH) / H_m / (H_m + dH)) \cdot f \cdot V = ((-dH) / (H_m \cdot H_m)) \cdot f \cdot V ;$$

и

$$dP = ((-f \cdot V) / (H_m \cdot H_m)) \cdot dH \text{ или } dH = ((-H_m \cdot H_m) / (f \cdot V)) \cdot dP ;$$

если мы имеем связь

$$(H_m / V) = f / b ; (b - \text{есть фотобаза});$$

мы имеем:

$$dH = ((-H_m) / b) \cdot dP = ((-H) / b) \cdot dP$$

Зная высоту полета самолёта -  $H$  и длину фотобазы  $b$ , относительная высота  $dH$  может быть вычислена из выражения, когда разность параллаксов  $dP$  измерена.

### 3.4. ОБСЛУЖИВАНИЕ.

Линзы нуждаются в регулярном специальном тщательном уходе. Пыль удалять с линз вначале необходимо с помощью мягкой кисточки. После этого получить немного конденсированного пара на линзах от дыхания и вытереть его осторожно с помощью мягкой чистой салфетки или специальной тряпочки для линз. Никогда не используйте жидкости ( такие как растворитель и бензин ) или другие органические растворы для чистки этого инструмента.

#### 4. ЗАДАНИЕ

Определите на парных аэрофотоснимках разности высотных отметок между различными точками рельефа местности

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А.С. Фотограмметрия. Учебник для вузов. – Минск.: «ТетраСистемс», 2010 г., 400 с;
2. Михеева А.А., Ялтыхов В.В. Прикладная фотограмметрия. Учебник для вузов. Новополоцк. 2006 г., 320 с.;
3. Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Под редакцией А.И. Обиралова. Учебник для вузов. – М.: Колосс. 2006., 334 с.;
4. Бобир Н.Я., Лобанов А.А., Федорук Г.Д. Фотограмметрия. Учебник для ВУЗов. М. Недра. 1974., 472с.;
5. Золотова Е.В., Скогорева Р.И.. Геодезия с основами кадастра. Учебник для ВУЗов. М. Академический проект, Трикста, 2011. 413с

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.

1. Опишите основные понятия фотограмметрии.
2. Перечислите основные виды фототопографических съёмки.
3. Перечислите основные методы фототопографических съёмки.
4. Назовите общие понятия об аэрофотосъёмке.
5. Охарактеризуйте фотографический объектив.
6. Приведите характеристики фотографического объектива.
7. Охарактеризуйте твердотельные датчики цифрового изображения.
8. Аппаратура стабилизации аэрокамеры.
9. Системы прямого геопозиционирования.
10. Схема аналогового аэрофотоаппарата.
11. Цифровые кадровые камеры.
12. Сканирующие съёмочные системы.
13. Виды аэрофотосъёмки.
14. Аэрофотосъёмочные работы.
15. Дайте понятие о центральной проекции.
16. Перспектива отвесной прямой.
17. Перспектива сетки квадратов.
18. Системы координат в фотограмметрии.
19. Преобразования координатных систем.
20. Зависимость между координатами соответствующих точек аэроснимка и местности.
21. Связь координат точек наклонного и горизонтального аэроснимков.
22. Масштаб изображения на аэроснимке.
23. Линейные смещения, вызванные влиянием рельефа местности.
24. Искажения изображения площади.
25. Элементы ориентирования аэрофотоснимка.
26. Физические источники ошибок аэрофотоснимка.
27. Понятие о трансформировании.
28. Аналитическое трансформирование.
29. Элементы трансформирования.
30. Фототрансформаторы.
31. Изготовление фотопланов
32. Понятие о дешифрировании.
33. Монокулярное, бинокулярное и стереоскопическое зрение.
34. Стереоскомпараторы.