

Лекция №7

Привязка снимков и графическая фототриангуляция

1. Привязка аэроснимков
2. Графическая фототриангуляция

- Материалы АФС имеют различные виды искажений и масштабы, которые не позволяют использовать их непосредственно для изготовления картографического материала.
- **Процесс устранения искажений**, присущие каждому снимку и приведение их к одному масштабу называется **трансформированием снимков**.
- Для трансформации необходимо иметь на снимке, в пределах его рабочей плоскости, **4 точки** с известным плановым положением, причем расположенные примерно по углам.
- В качестве точек привязки выбирают **четкие контурные точки**, легко опознаваемые на местности и аэрофотоснимке, координаты которых определены геодезическим методом.
- **Такие точки называется плановыми опознаками (ОП)**, а полевые работы по определению координат опознаков, называются **привязкой опознаков**.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- **Привязкой аэроснимков** называются работы по определению геодезических координат точек местности, опознанных на них.
 - Если в процессе привязки определяют плоские координаты точек местности x , y , то такую привязку называют **плановой**.
 - Если определяют все три координаты точки x , y , z — **планово-высотной**.
- Плановая привязка делится на **сплошную**, выполняемую непосредственно для трансформирования одиночных снимков, и **разреженную** — используемую для увязки фототриангуляционных сетей.
- При сплошной привязке каждый аэроснимок обеспечивают **четырьмя опорными точками, расположенными по углам рабочей площади**.
- Сплошная привязка существенно повышает стоимость работ, поэтому, используют разреженную привязку



08.03.2014

© Ломакин С.В., доц. каф. ИОМАС ВГАУ

- При разреженной привязке **каждую секцию маршрута**, состоящую из **трех-четырех аэроснимков и более**, обеспечивают тремя-четырьмя опорными точками. В производстве обычно применяют разреженную привязку.
- При использовании разреженной привязки, координаты четырех трансформационных точек для каждого снимка получают методами графической фототриангуляции, фотополигонометрии и построением сетей на универсальных приборах в камеральных условиях.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

Плановая привязка снимков **включает в себя**: подготовку материалов, составление проекта привязки, рекогносцировку и закрепление в натуре опорных точек, полевые измерения, вычислительные работы, оформление материалов и сдачу работ.

Подготовка материалов заключается в том, что на объект работ подбираются **репродукции накидного монтажа** и комплект снимков (при малых коэффициентах увеличения фотоизображения — контактных, а при больших — увеличенных примерно до масштаба будущего плана);

С имеющихся топографических карт пункты геодезической сети переносятся на репродукцию накидного монтажа, а затем зоны возможного расположения этих пунктов на снимки.

Составление проекта привязки опорных точек и развития съемочного обоснования выполняется на репродукции накидного монтажа. При использовании больших коэффициентов увеличения фотоизображения (порядка 4) применяется обычно сплошная плановая привязка. В прочих случаях — разреженная.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- **Разметка зон расположения опорных точек:**
- **В качестве опознаков** выбирают четкие контурные точки, положение которых можно определить на аэрофотоснимке и отождествить на местности **со средней квадратической ошибкой не превышающей 0.1мм в масштабе составляемого плана.**
- К таким контурным точкам могут быть отнесены углы изгородей, низких строений, перекрестков дорог, промоин, резкие изгибы тропинок, канав, отдельные кусты и другие контурные точки, которые можно бесспорно опознать и наколоть на аэроснимке с ошибкой 0,1мм в масштабе аэроснимка.
- Так же можно использовать пересечения шоссейных дорог, просек и проселков.

- **Опознаки нельзя выбирать** на крутых склонах, на округлых контурах леса, и сельскохозяйственных культур, а также использовать отдельно стоящие деревья, кусты и углы высоких построек (из-за влияния теней).
- **При отсутствии на местности естественных контуров**, которые могут быть использованы в качестве опознаков, производят маркировку точек, то есть создают на местности геометрические фигуры, которые отчетливо изобразятся на аэрофотоснимках.

Опознаки



- При отсутствии достаточного количества естественных опознаков могут применяться искусственные

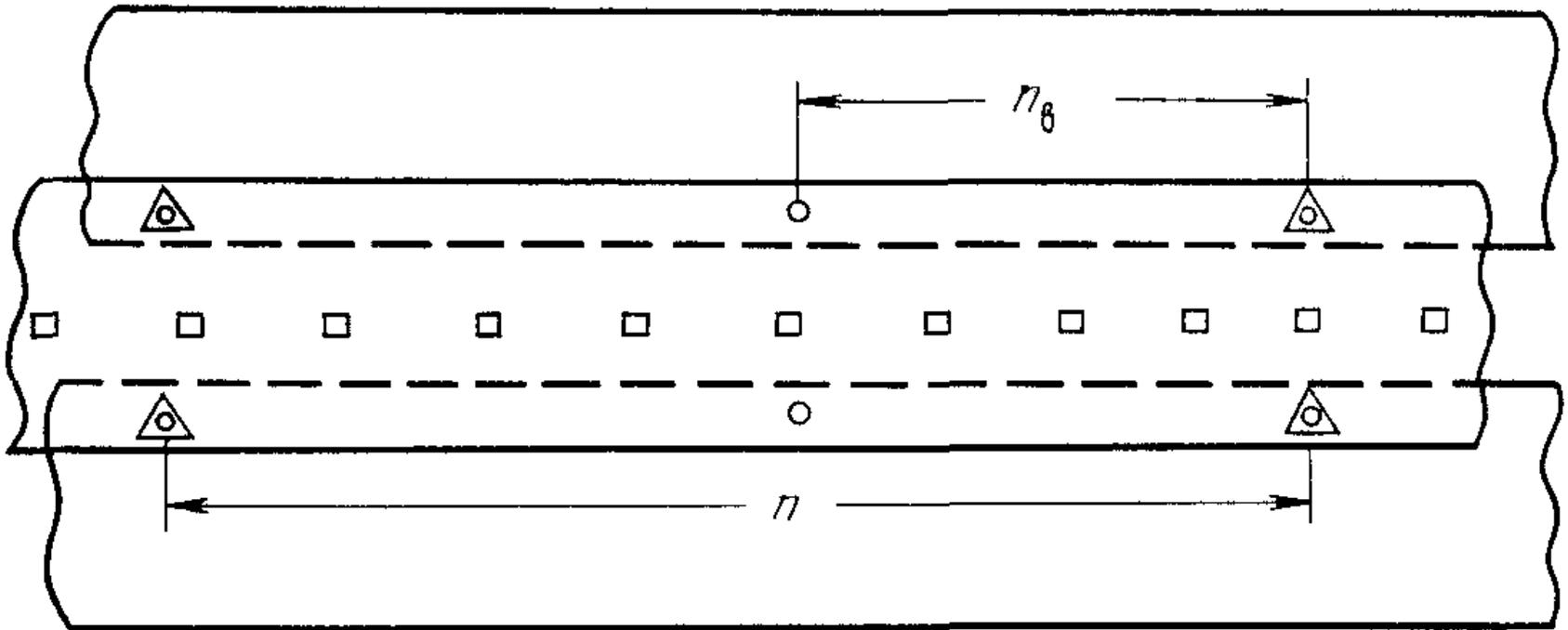
Опознаки



- Вид опознаков сверху

- Перед началом разметки зон расположения опорных точек подбирают материалы: аэроснимки, репродукции накидного монтажа с показанными на ней рамками трапеций, топографическую карту мелкого масштаба с нанесенными на ней пунктами геодезического обоснования, намечают метод геодезических работ для привязки аэроснимков.
- Ознаки проектируются **в зонах двойного продольного и тройного поперечного перекрытия** аэрофотоснимков один под другим перпендикулярно осям маршрутов, за исключением крайних. Отклонение допускается в пределах величины одного базиса фотографирования.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ



- Схема размещения опорных точек, ограничивающих секцию маршрута

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Т.к. с момента производства аэрофотосъемки до начала выполнения геодезических может пройти **определенное время** (месяц, год и более), при составлении проекта учитывают **степень возможной сохранности** выбираемых контурных точек.
- **Для гарантии надежности** выбора вместо одной контурной точки выбирают группу их, расположенную в пределах **круга диаметром 2см**. Такой круг называется зоной расположения опорной точки. Расположение этих зон переносят затем на репродукции накидного монтажа.
- Опорные точки располагают так, чтобы они расположились **на большем числе аэроснимков**, т. е. в зонах тройных продольных: и поперечных перекрытий.
- Для проведения блочной фототриангуляции расстояния между опорными точками выбирают из расчета **3-5 базисов фотографирования**.
- Опорные точки нельзя размещать ближе 2 см от линии базиса снимка и 1 см от края аэрофотоснимка.
- Для обеспечения фотограмметрических работ опорные точки должны располагаться за границей обработки (землепользования, сельского населенного пункта и т. п.) на расстоянии порядка одного базиса фотографирования.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

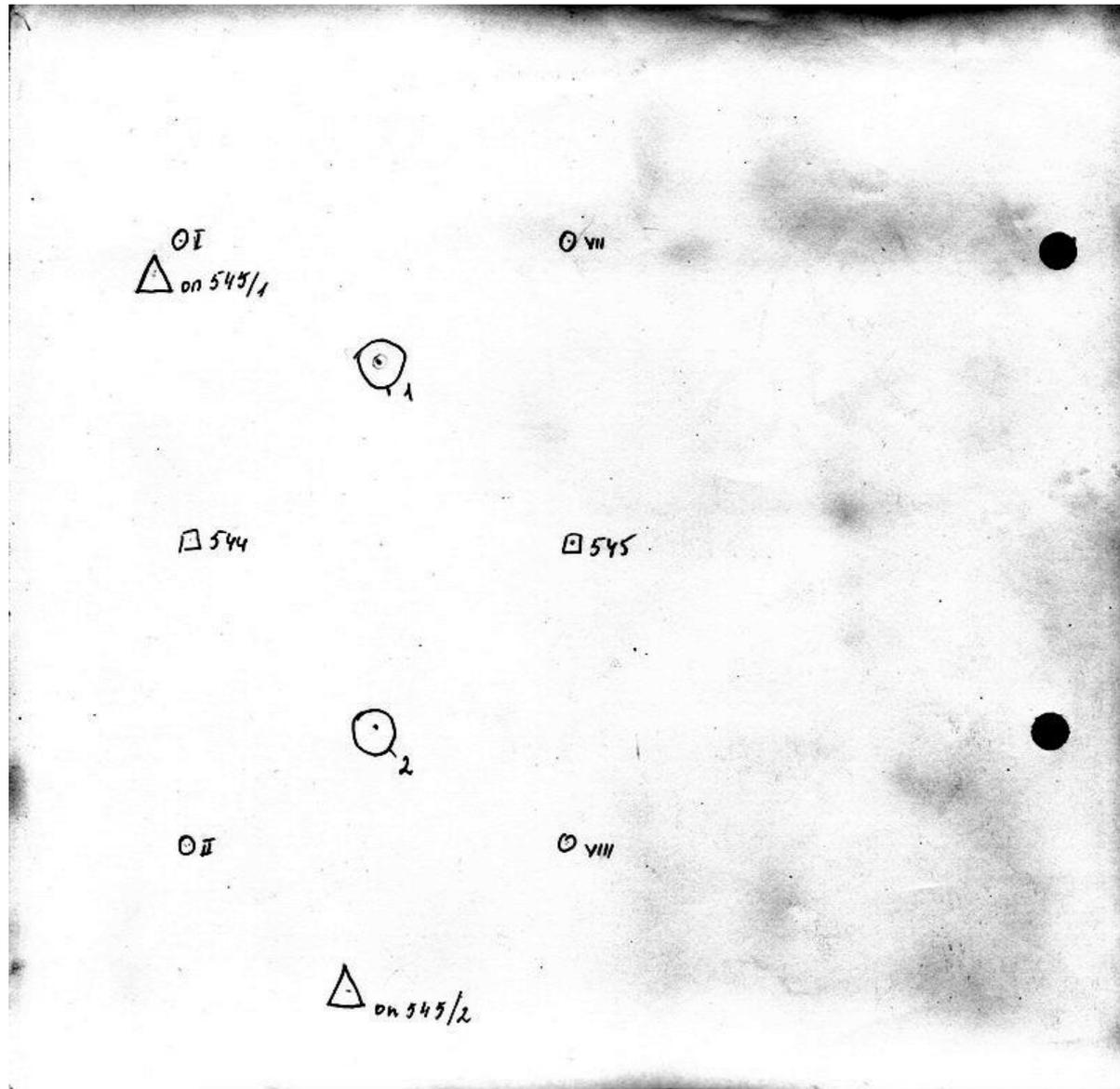
- Выбор и оформление опорной точки на аэроснимке и на местности.
- По репродукции накидного монтажа с нанесенными на ней зонами привязки опорных точек отыскивают на местности расположение данной зоны.
- Сопоставляя аэроснимок с местностью, находят контурную точку, наиболее отвечающую требованиям, предъявляемым к опорным точкам:
 - 1) опорная точка должна быть в зоне и бесспорно опознаваться на местности и на всех аэроснимках, где должно быть ее изображение. Средняя ошибка опознавания на местности и отождествления на всех перекрывающихся аэроснимках не должна превышать 0,2 мм в масштабе плана;
 - 2) опорные точки должны быть доступны на местности для производства геодезического определения координат;
 - 3) предельные высоты объектов, используемые в качестве опорных точек, не должны превышать величины
 - 4) предельная ошибка в определении координат не должна быть не более 0,1 мм в масштабе плана.

$$h = \frac{\delta_h M f}{r},$$

где $\delta_h = 0,1$ мм — допустимое смещение изображения вершины объекта вследствие влияния его высоты;

r — расстояние от главной точки аэроснимка до угла рабочей площади;

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ



ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Полевые работы заключаются в выполнении следующих процессов: выбора внутри намеченной зоны опорной точки, закрепления и оформления ее на местности, накальвания и оформления опорной точки на аэроснимке, определения геодезических координат опорной точки.
- След от накала на обратной стороне аэроснимка обводят карандашом окружностью диаметром 3 мм и рядом подписывают номер опорной точки, соответствующий номеру аэроснимка.
- Оpoznанная точка накальвается на снимке с погрешностью, не превышающей 0,1 мм. Диаметр накала не должен превышать 0,1 мм.



оп 393
Оpoznан и накалот вос-
точный угол темного
продолговатого кон-
тура (ямы).
Точность опознавания 0,5 м
Оpoznал и накалот Иванов
15.5 85

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- На лицевой стороне аэроснимка опорную точку обводят красным кружком диаметром 10 мм и тем же цветом подписывают ее номер.
- С обратной стороны основного снимка накол обводится карандашом окружностью с диаметром 2—3 мм. Рядом подписывается номер опорной точки, соответствующий номеру снимка. Если на снимке оформлено две и более опорных точек, то к номеру снимка соответственно добавляются А, Б и т. д. Здесь же рисуется карандашом абрис опорной точки в квадрате со стороной около 4 см, а также дается описание опорной точки по фотоизображению, ставится подпись исполнителя и дата опознавания.

Опознанные плановые опорные точки закрепляются на местности кольями длиной 0,3—0,5 м, вбиваемыми вровень с землей и окапываемыми треугольником со сторонами 1,2—1,5 м.

- В результате произведенной рекогносцировки исполнитель составляет в масштабе контактного снимка схему геодезического определения опорной точки. На эту же схему в дальнейшем выписываются результаты полевых измерений углов и линий.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Используя цифровую фотограмметрическую станцию (ЦФС) «Талка», можно оперативно создать проект без использования контактных отпечатков и увеличенных снимков

По цифровым аэронегативам создается проект, в котором снимки размещаются в маршрутной схеме

	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
1												
2	907	906	905	904	903	902						
3	914	913	912	911	910	909	908	907	906	905	904	
4	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	
5	351	350	349	348	347	346	345	344	343	342	341	
6	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	
7	784	783	782	781	780	779	778	777	776	775	774	
8							1028	1029	1030	1031	1032	1033
9												
10												
11												

Рис. 1

Схема размещения снимков в проекте

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Затем создается накладной монтаж, который позволяет составить схему расположения точек ПВП.

После этого выделяется область, на которую создается накладной монтаж и запускается функция создания накладного монтажа, при этом регионы (порезы на снимках) создадутся автоматически. Накладной монтаж может быть создан всего за несколько минут для проектирования расположения точек ПВП

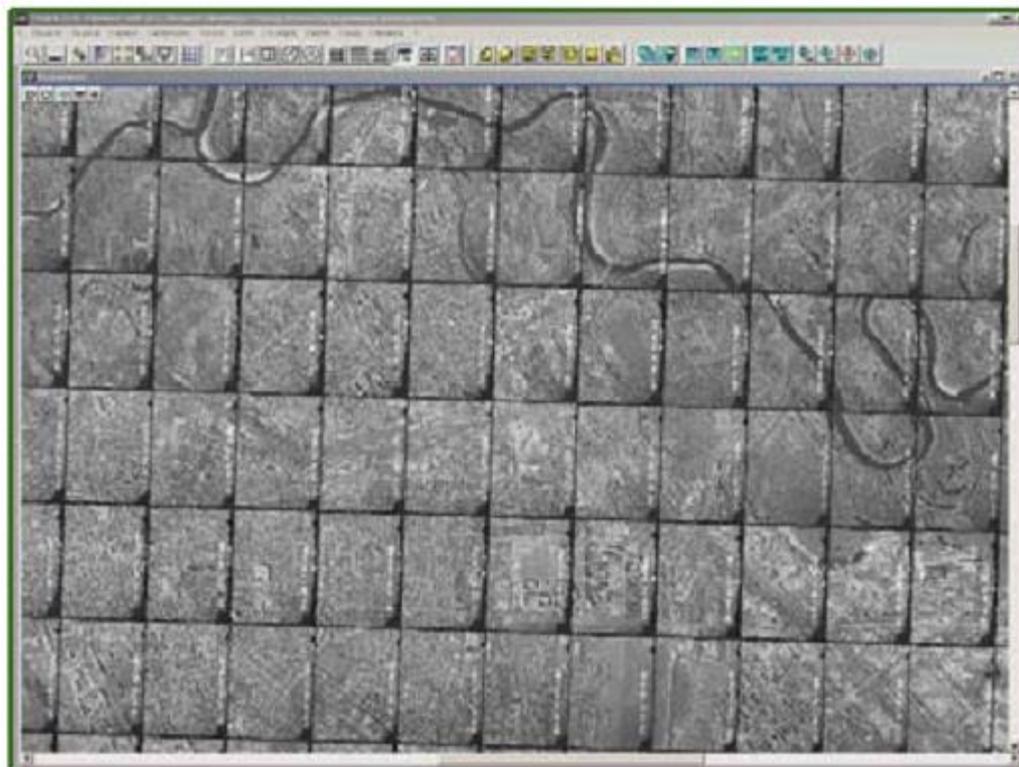


Рис. 2

Окно программы с рассчитанным накладным монтажом

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Когда определены зоны расположения точек ПВП, выбираются точки планово-высотной подготовки.
- После набора достаточного количества точек ПВП в проекте запускается функция «Создать абрисы точек».
- Программа автоматически создает накидной монтаж или фотосхему со всеми нанесенными точками планово-высотной подготовки, снимок, на котором будет нанесена точка ПВП, а также увеличенный фрагмент с точкой ПВП

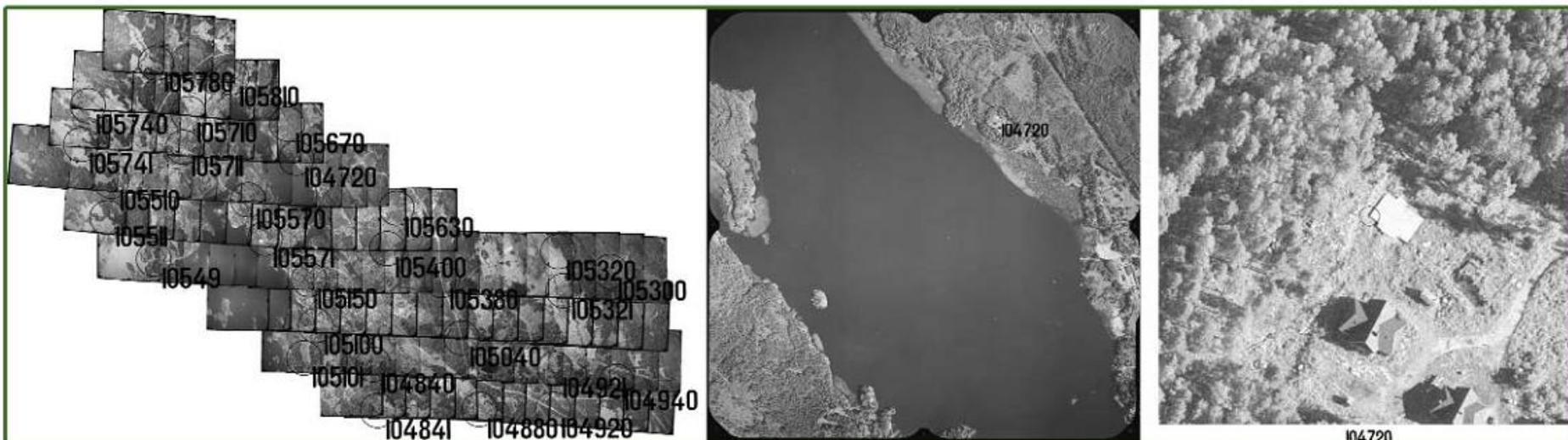


Рис. 3

Накидной монтаж, снимок и увеличенный фрагмент с нанесенными точками ПВП

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Накладной монтаж или фотосхема используется для планирования работ. Снимки применяются для примерного определения расположения точки ПВП, а по увеличенному фрагменту определяется точное местоположение точки ПВП.
- Если случается, что проектная точка на местности больше не существует, либо к этой точке по какой-либо причине нет доступа, то в качестве точки ПВП используется другой объект, который можно опознать на увеличенном фрагменте.
- Как правило, полевые работы по определению координат точек ПВП и камеральные работы по созданию фотограмметрической модели и стереорисовке выполняются параллельно.
- Полученные в результате полевых измерений координаты точек ПВП загружаются в уже созданный к тому времени проект. Те точки, местоположение которых было изменено, переносятся на новое место в соответствии с абрисом. Остальные точки, положение которых не изменялось, автоматически получают координаты и больше не требуют никакой обработки.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Плановая привязка снимков в закрытой местности выполняется **теодолитными ходами (приемниками GPS)**, образующими системы замкнутых полигонов или ходов с узловыми точками, а в открытой — с помощью прямых, обратных и комбинированных засечек.
- Для выбора метода привязки тщательно изучаются снимки и имеющиеся топографические карты, по которым устанавливается **возможность видимости с опорных точек на пункты триангуляции** и способы **обхода местных препятствий**. Затем на репродукции накидного монтажа и снимках **проектируются зоны размещения опорных точек**.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

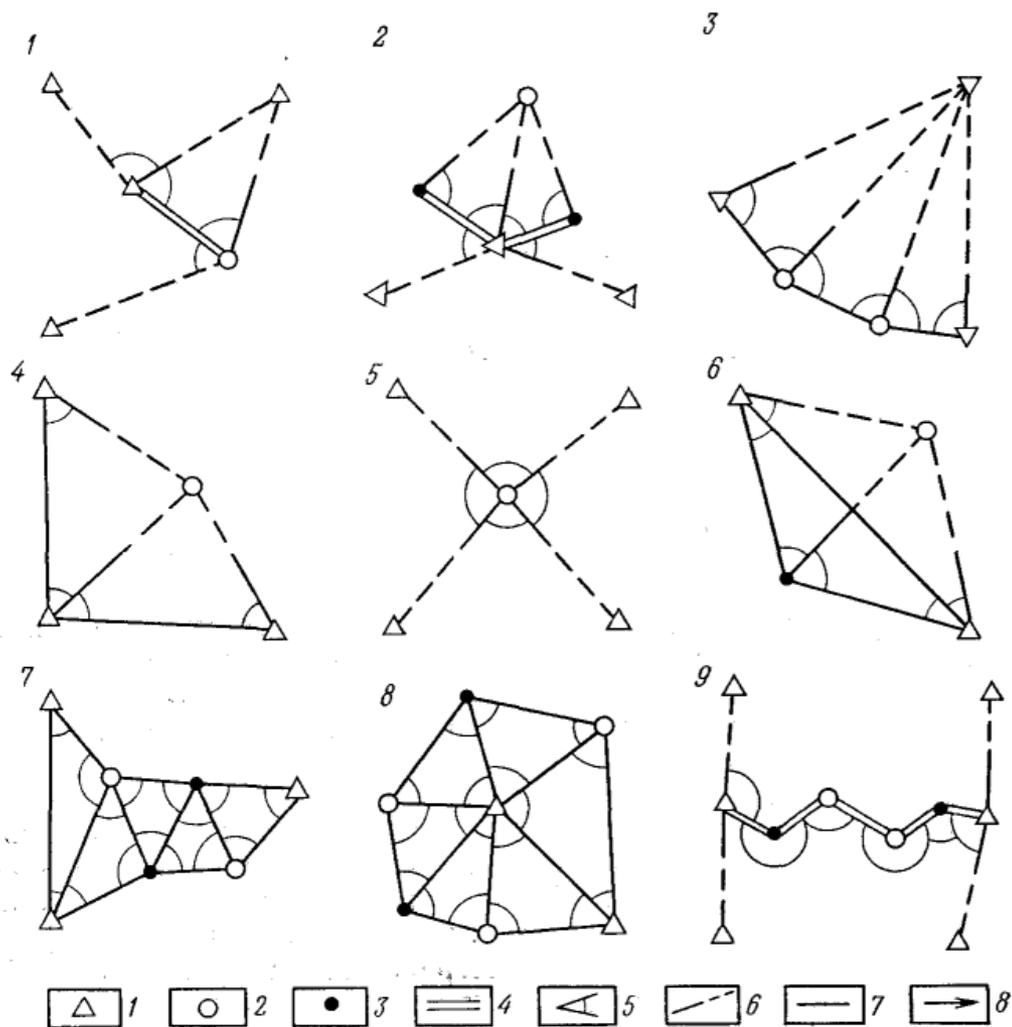
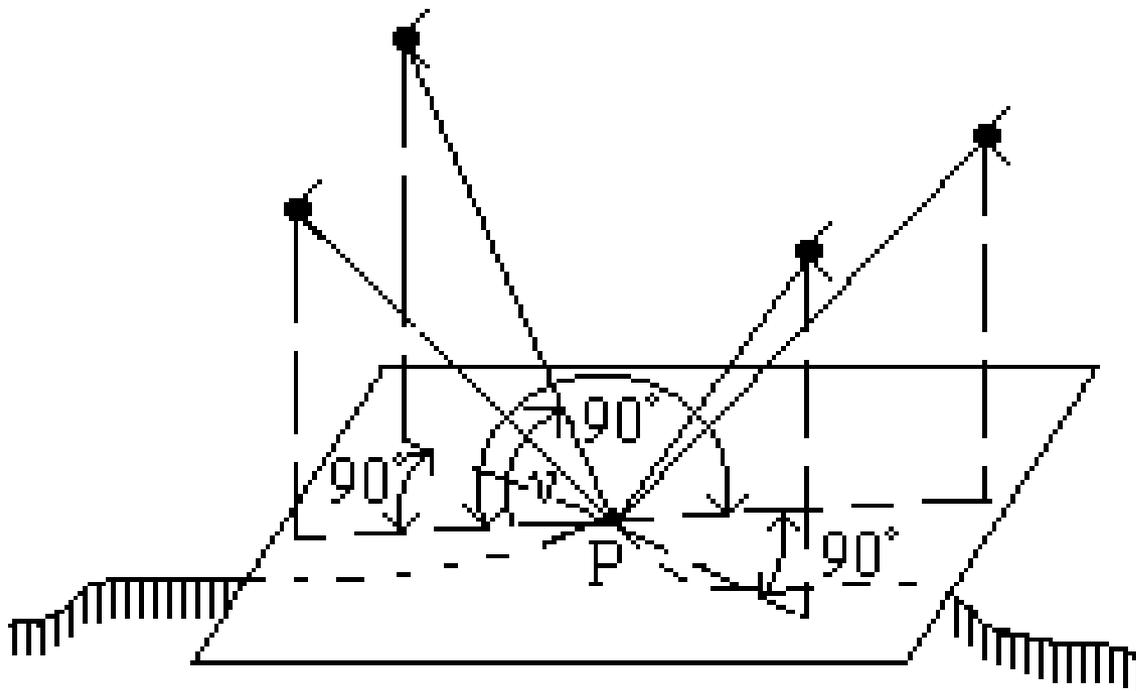


Рис. 63. Схемы геодезического определения плановых опорных точек:
 1 — пункты опорной геодезической сети; 2 — плановые опорные точки; 3 — вспомогательные точки; 4 — измеренные линии; 5 — измеренные углы; 6 — односторонние наблюдения; 7 — двухсторонние наблюдения; 8 — измеренный азимут

- Способы геодезической привязки аэроснимков
- Координаты опорных точек определяют аналитическим методом, применяя различные геодезические способы.
- Опорные точки включают в число станций теодолитного хода.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- **Спутниковые геодезические системы** эффективны при наличии хороших условий приема спутниковых сигналов.
- Они не универсальны. Гарантировать надежную работу, например, в залесенных или застроенных районах невозможно.
- Не всегда обеспечивают требуемую точность определения высот, что становится критическим для некоторых видов работ.



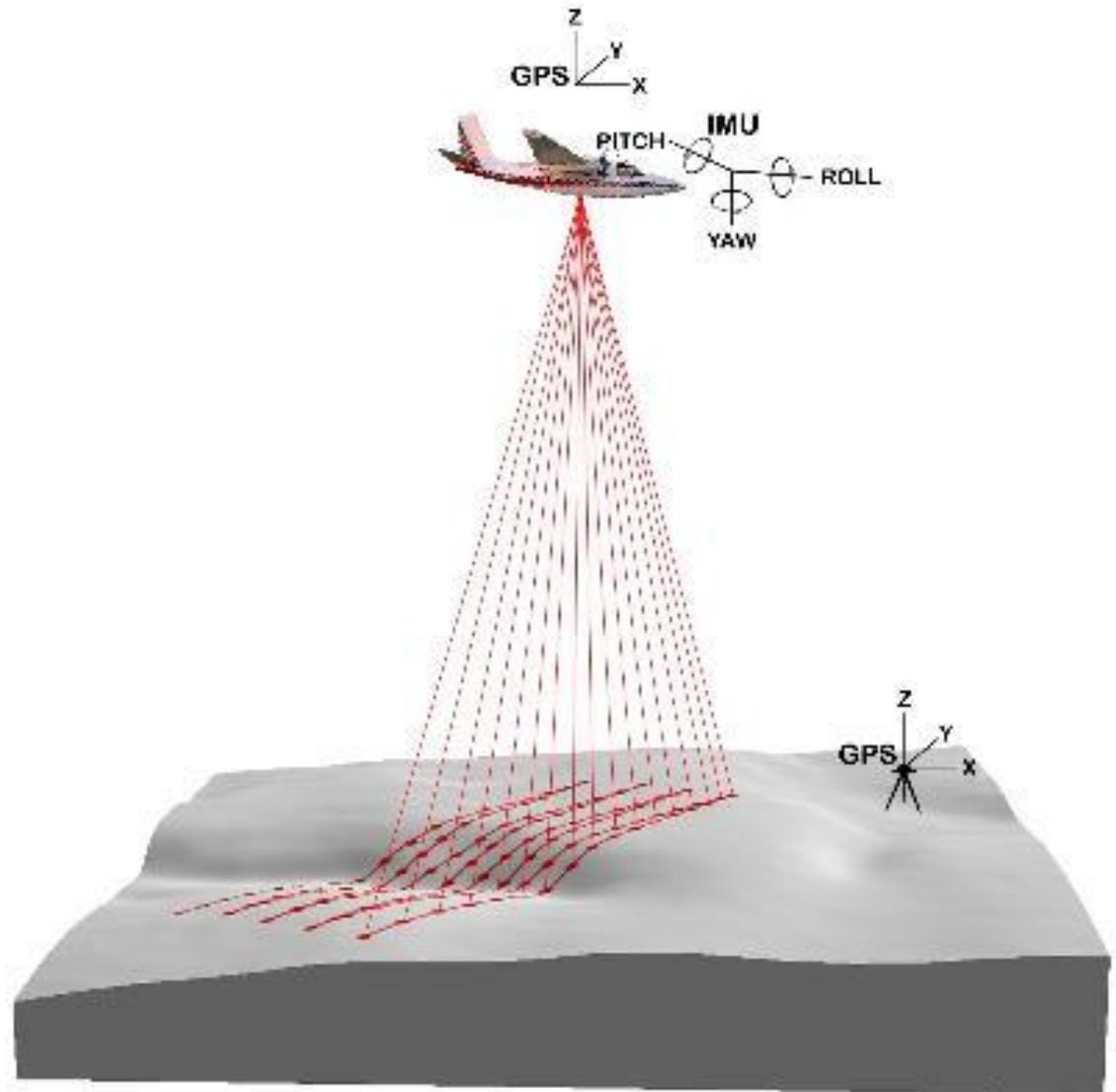
ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- **Погрешность в положении опорных точек** относительно пунктов опорной геодезической сети не должна превышать величины $A = 0,2$ мм на плане.
- **Вычислительные работы** начинаются с проверки журналов полевых измерений и составленных схем геодезического определения опорных точек.
- После этого производится вычислительная обработка (как правило, на ЭВМ), в результате чего получают координаты определяемых точек, которые выписываются в отдельный каталог координат и технический паспорт (формуляр).
- Для каждой трапеции, землепользования или населенного пункта **формируют техническое дело**, в которое включают оформленные снимки, репродукции накидного монтажа с нанесенными опорными точками, схемы, журналы, ведомости и другие документы, составленные в ходе полевых и камеральных работ.

- Системы определения координат центров фотографирования в процессе аэрофотосъемки применяют с 50-х гг. прошлого столетия. В начале это были радиотехнические системы, основанные на фазовых методах измерения расстояний от самолета до двух наземных станций которые обеспечивали определение координат центров с ошибкой 1-5 метров.
- Системы глобального позиционирования GPS (Global Positioning System), появившиеся в 90-х гг., заменили применявшиеся ранее радиогеодезические системы. Они работают по принципу измерения дальностей (расстояний) от самолета до геодезических спутников.
- Координаты антенны приемника определяются во время срабатывания затвора фотокамеры (экспозиции) и заносятся на магнитный носитель.
- Последующая обработка данных позволяет вычислить пространственные координаты центров фотографирования путем интерполяции GPS-измерений на моменты экспозиции и учесть положение антенны приемника относительно узловой точки объектива фотокамеры.

Привязка по центрам фотографирования

- Заключается в установке комплекта GPS аппаратуры (наземного и бортового) и определении положения камеры в момент срабатывания затвора.
- Этот способ позволяет полностью избежать полевых работ и получить высокую точность привязки.



ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Иногда полевую привязку выполнить невозможно, либо экономически нецелесообразно. В этом случае материалы съемки могут быть привязаны по существующим картам и планам. Однако следует учитывать, что средняя ошибка положения точек и контуров на существующих картах и планах обычно составляет 0,75 мм в масштабе карты или плана.
- Технология такой привязки включает следующие этапы:
 1. перевод существующих картографических материалов в цифровой вид;
 2. привязка цифровых картографических материалов и исправление искажений;
 3. привязка цифровых материалов аэро- и космической съемки;
 4. внешнее ориентирование фотограмметрической модели.

ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

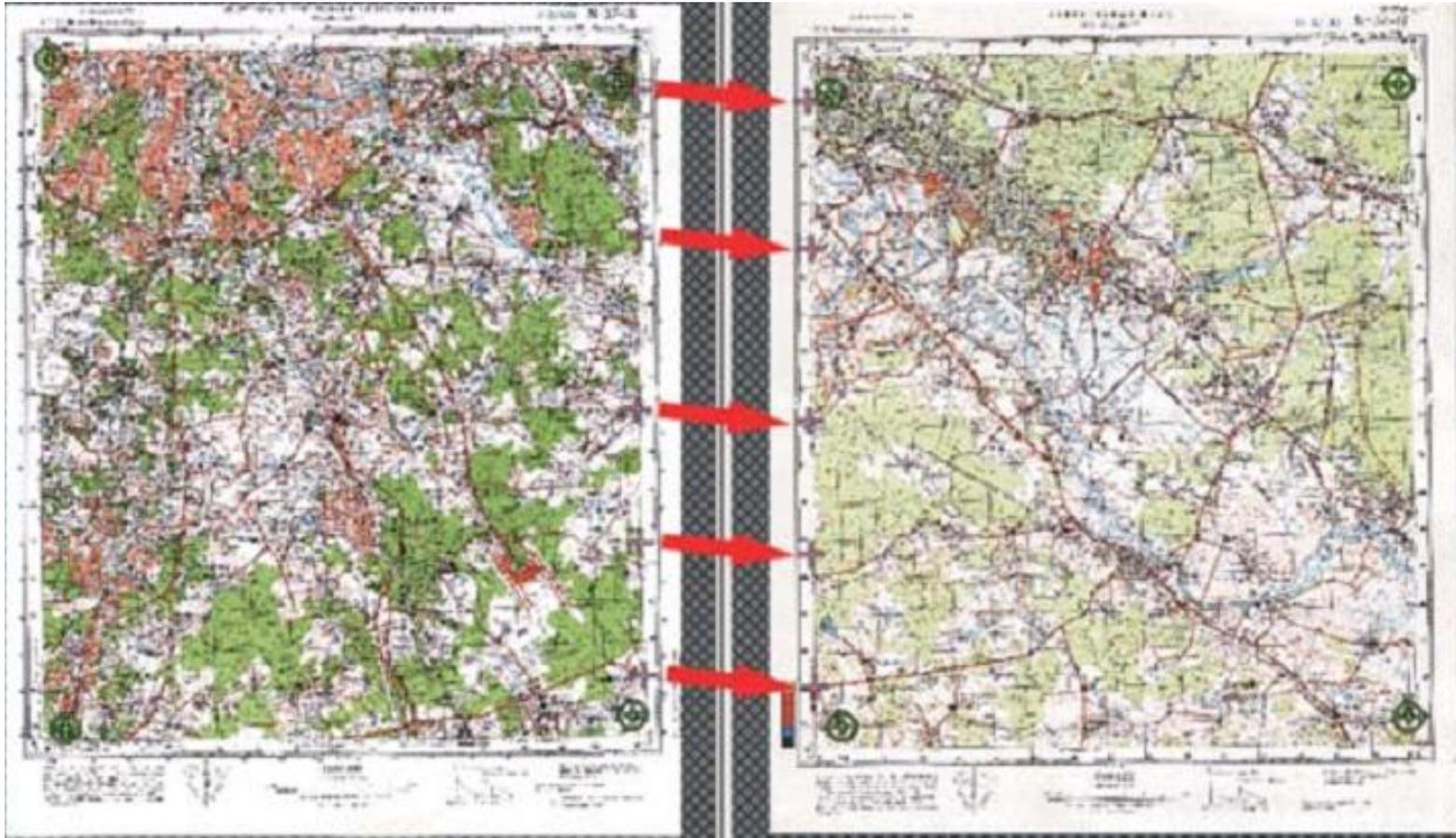
- Перед началом работы выполняется анализ существующих картографических карт и планов, и намечаются места, по которым будут привязываться материалы аэрокосмической съемки.
- В местах привязки должны быть четкие контуры, положение которых не менялось со времени составления карты.

Желательно использовать для привязки пункты Государственной геодезической сети (ГГС), так как их положение на карте нанесено с высокой степенью точности, и они имеют точные отметки высот.



ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Чтобы привязать полученные цифровые карты к местности и исправить на них искажения на всех пересечениях координатной сетки нужно расставить точки и присвоить им соответствующие координаты.



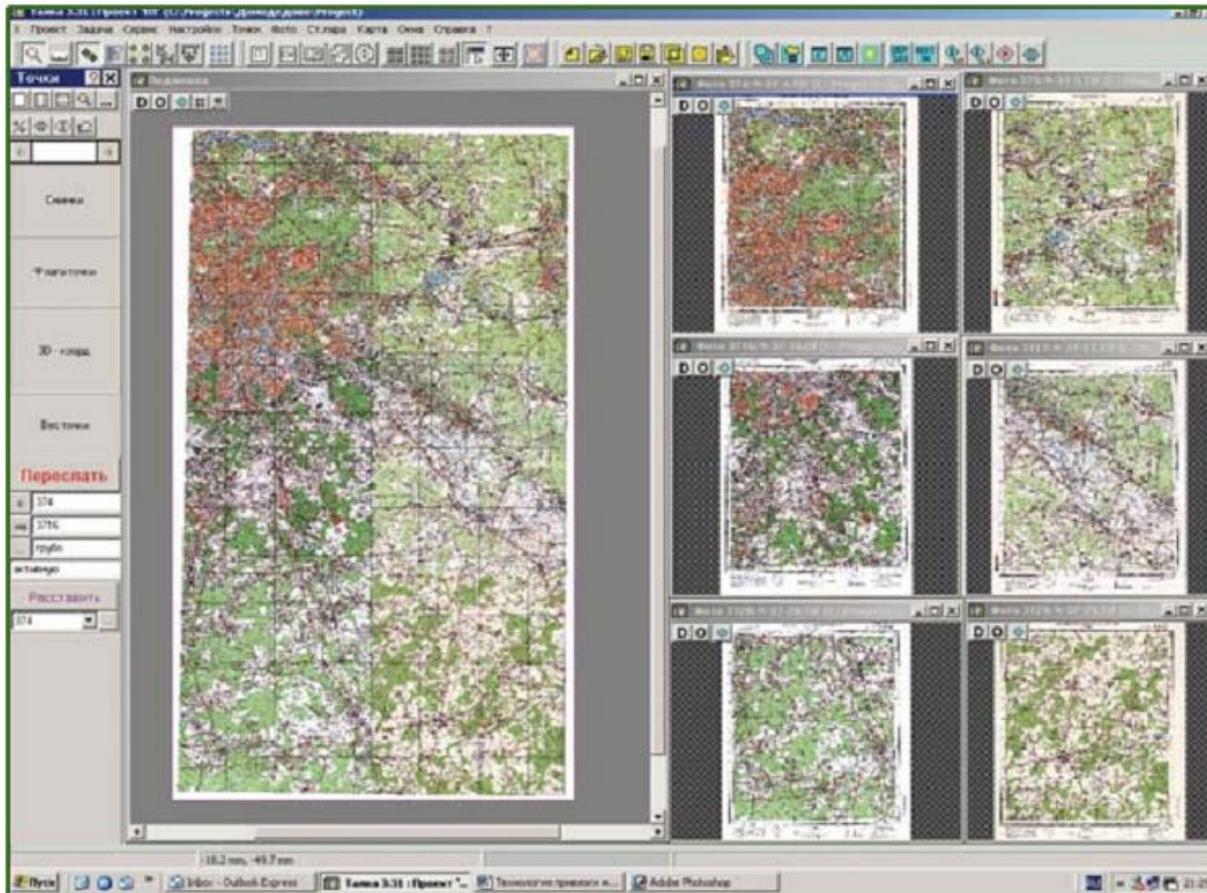
ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Затем на листах карты требуется «обрезать» зарамочное оформление, выделив внутреннюю область карты без зарамочного оформления



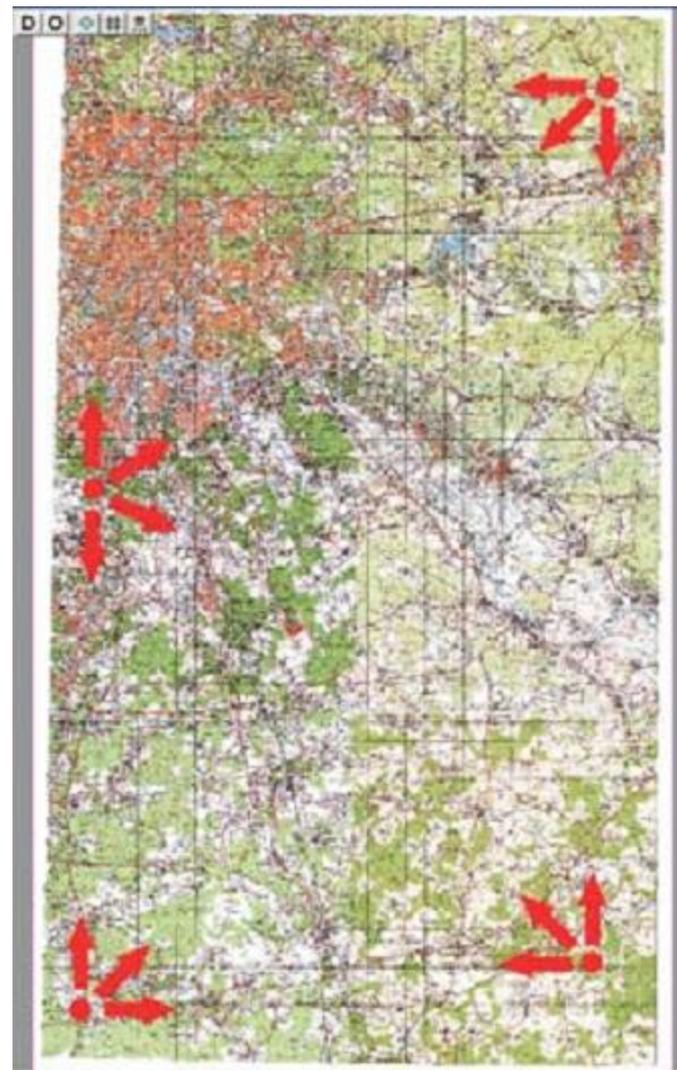
ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- Далее нужно создать «нарезку», которая может совпадать с листами существующих карт.
- Можно создать один или несколько больших листов, состоящих из нескольких исходных



ПРИВЯЗКА АЭРОСНИМКОВ

- На рисунке кружочками красного цвета показано расположение ранее нанесенных опорных точек, а стрелочками — направление, в котором нужно проводить поиск новых опорных точек.
- После того, как точки, выбранные для привязки на карте, нанесены, выполняют внешнее ориентирование проекта. В результате проект, созданный по цифровым аэро космическим данным, будет привязан к карте, а, следовательно, и к местности.
- Затем можно приступить к созданию ортофотопланов, проводить обновление или составление топографических карт и планов.



Фототриангуляция

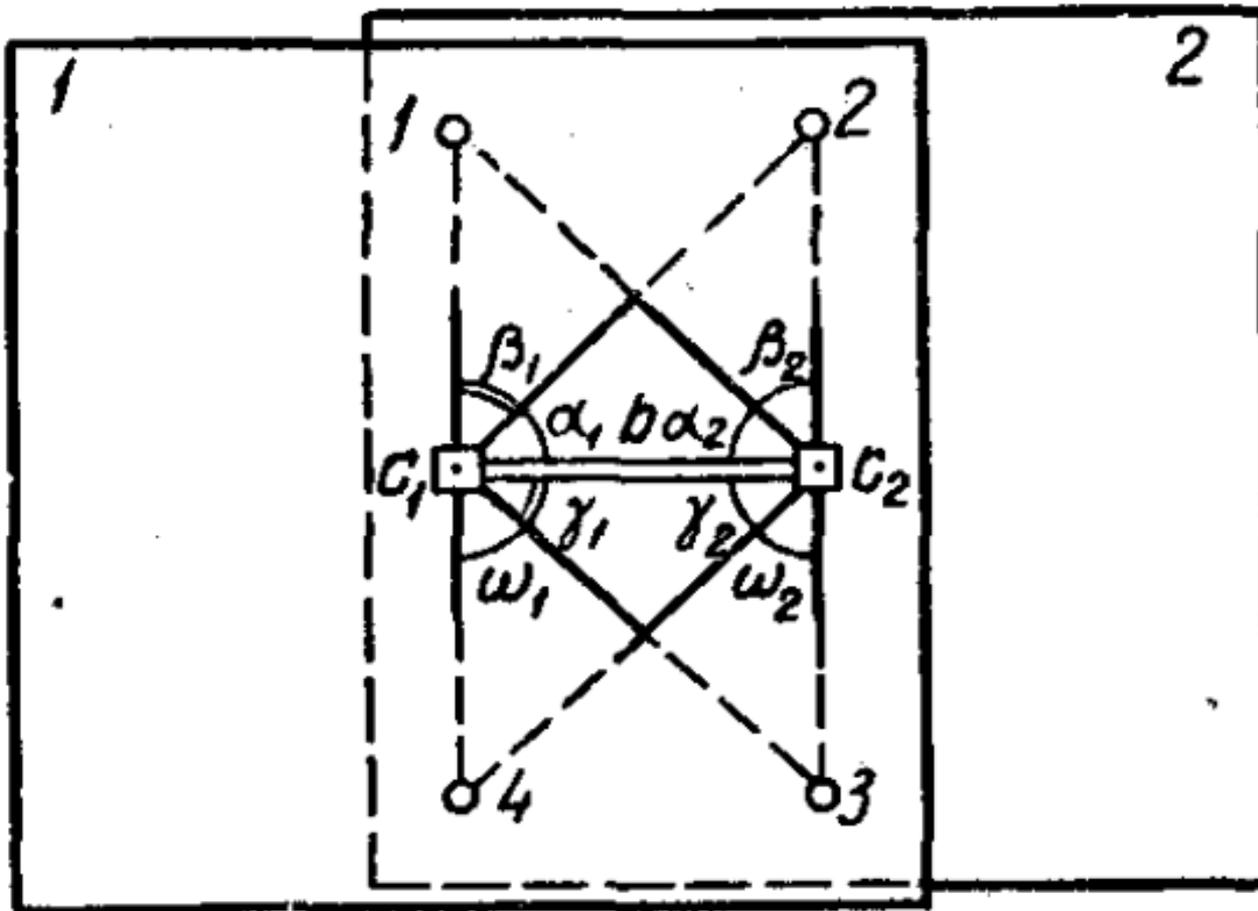
- **Фототриангуляцией** называется камеральное фотограмметрическое сгущение съемочного геодезического обоснования проводимое по аэрофотоснимкам.
- **Целью фотограмсгущения** является получение координат точек местности, необходимых для трансформирования аэронегативов и создания по ним фотопланов.
- **В зависимости от решаемых задач** применяют **пространственную или плановую фототриангуляцию**.
- **Пространственная фототриангуляция** позволяет определять все три координаты точек местности (x, y, z) .
- **Плановую фототриангуляцию** применяют для нахождения плоских координат ориентирующих и центральных точек аэрофотоснимков.
- Существует **три способа** планового фотограмсгущения геодезического обоснования: аналитический, аналоговый и радиальный.
- **К наиболее простому способу** планового сгущения относится радиальная плановая фототриангуляция.

Графическая фототриангуляция

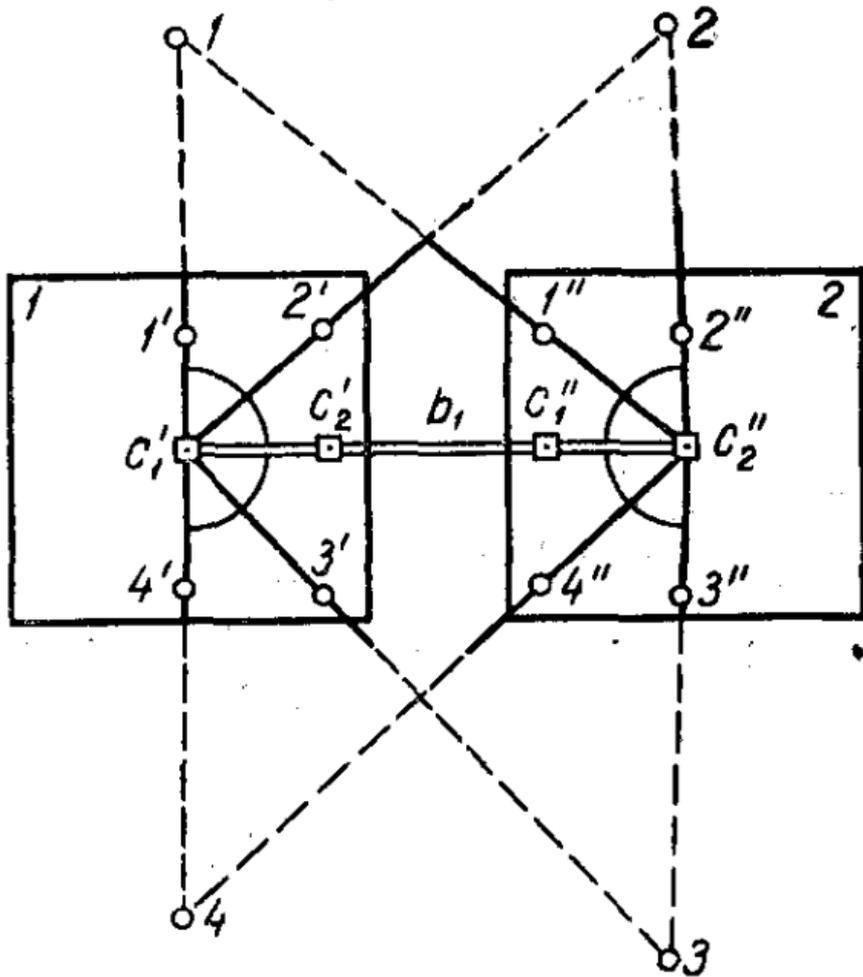
- **Радиальной плановой фототриангуляцией** называется камеральный метод определения планового положения (плоских координат) точек местности путем засечки их изображений из центров перекрывающихся аэроснимков.
- В основу метода радиальной плановой фототриангуляции положена **практическая не искаженность центральных направлений аэроснимка**.
 - Направления, проведенные из точки нулевых искажений s , не искажаются за угол наклона;
 - направления, проведенные из точки надира n , не искажаются за рельеф.
- **При плановой аэрофотосъемке эти точки расположены вблизи главной точки аэроснимка**. Поэтому направления, проведенные из главной точки аэроснимка, практически имеют малое искажение, что используется при развитии плановой фототриангуляции.

Графическая фототриангуляция

Графическую фототриангуляцию строят как правило по аэрофотоснимкам с **обязательным продольным перекрытием 60%**, при котором между афс имеются тройные перекрытия.



Графическая фототриангуляция



- **Следовательно**, при каждом значении b будут получаться свои положения фототриангуляционных точек $c'_1, c''_2, 1, 2, 3, 4$. Можно сказать, что **положение засеченных точек фототриангуляции** получается в принятом масштабе изображения базиса b . Это дает возможность при помощи плановой фототриангуляций получать плановое положение точек аэроснимков.

Графическая фототриангуляция

- **Радиальную плановую фототриангуляцию** (графическую фототриангуляцию), применяют ввиду ее малой точности, главным образом **при корректировании и обновлении карт в виде отдельных вставок**, а также при малых площадях новых съемок.
- **При графическом методе** направления с аэронегатива (аэроснимка) копируют на лист восковки. Затем изготовленные листы восковок с прочерченными на них направлениями укладывают; совмещая общие (начальные) направления и устанавливая между восковками геометрическую связь, получают фототриангуляционный ряд или сеть.
- **При значительных площадях съемок**, применяют аналитическую пространственную фототриангуляцию.
- **При аналитической фототриангуляции** направления измеряют на специальных приборах, а по результатам измерений вычисляют координаты точек фототриангуляции.
- Если фототриангуляция состоит из одной цепочки снимков, то она называется **фототриангуляционным рядом**.
- Если фототриангуляция состоит из много-маршрутной системы рядов, то ее называют **сетью**.
- **Графическим способом** строятся преимущественно **одномаршрутные**

Графическая фототриангуляция

- Фототриангуляционные ряды (сети) строят, исходя -из выбранного по длине и ориентированию **начального базиса**. Такая фототриангуляция называется **свободной**.
- Для того чтобы редуцировать ее, т. е. привести к заданному масштабу и ориентированию относительно геодезической системы координат, необходимо, чтобы каждый ряд опирался **не менее чем на две геодезические (опорные) точки**.
- **От количества и расположения опорных точек, будет зависеть точность получаемых результатов.**
- **На точность построения** фототриангуляции особенно сильно влияет рельеф местности. При значительном рельефе для сгущения плановой опоры необходимо применять **универсальные приборы**.
- **В результате фототриангуляционных построений** на плановой основе получают положение ориентирующих и центральных точек аэронегативов, необходимых для их трансформирования

Графическая фототриангуляция

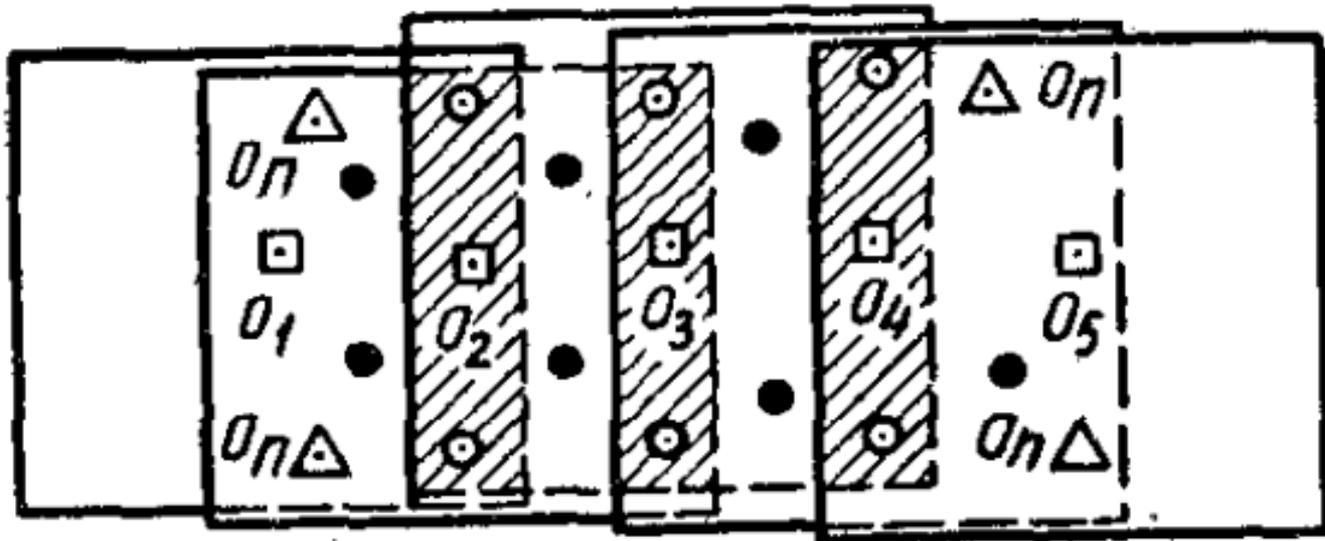
- Для графического построения фототриангуляционного ряда могут применяться аэронегативы, аэроснимки и увеличенные аэроснимки.
 - В производстве применяют главным образом аэронегативы как наименее деформирующийся материал.
- Построение ряда фототриангуляции графическим способом состоит из следующих действий:
 1. накальвания на аэронегативах точек,
 2. изготовления восковок направлений,
 3. укладки восковок для развития ряда,
 4. редуцирования и его увязки.

Графическая фототриангуляция

- **Фото триангуляционные точки**, накальваемые на аэронегативах, имеют **разные назначения**:

3) ориентирующие (трансформационные) точки, располагающиеся примерно в углах рабочих площадей аэронегативов, необходимы для их трансформирования;

4) опорные точки (опознаки), располагающиеся, как правило, в зонах тройного продольного и в середине поперечного перекрытий, предназначены для редуцирования фототриангуляции (O_n).



Графическая фототриангуляция

- Выбор и накальвание точек на аэронегативах начинают обычно с собственных центров.
 - При равнинной местности или малом рельефе за вершину направлений выгодно принимать главную точку аэронегатива, так как ее положение в отличие от точки нулевых искажений и точки надира легко определяется по координатным меткам. Как центральные, так и другие фототриангуляционные точки должны, бесспорно, опознаваться и накальваться на смежных перекрывающихся аэронегативах с ошибкой не более 0,1 мм. Следовательно, эти точки должны быть одновременно и контурными точками, уверенно опознаваемыми на всех аэронегативах, где должно быть их изображение.
- Так как, **главная точка, как правило, не является контурной**, то взамен главной точки за вершину направлений принимают расположенную в **непосредственной близости к ней** контурную точку, называемую **рабочим центром**.
 - В случае плановой аэрофотосъемки рабочий центр можно выбирать в пределах окружности с радиусом $r=f/30$, где r - главное расстояние аэрофотоаппарата. Тогда предельная ошибка центрального направления при α — 2° не превысит $5'$.

Графическая фототриангуляция

- Во избежание искажений направлений за рельеф за центр следует принимать точку надира, когда в пределах аэронегатива разности высот

$$h \geq \pm \frac{0,1M}{\operatorname{tg} \alpha 1000},$$

где M — знаменатель масштаба изготавливаемого фотоплана (карты).

За рабочие центры и ориентирующие точки нельзя принимать:

- 1) предметы, высота которых над поверхностью земли

$$h \geq \frac{\delta_h M f}{r},$$

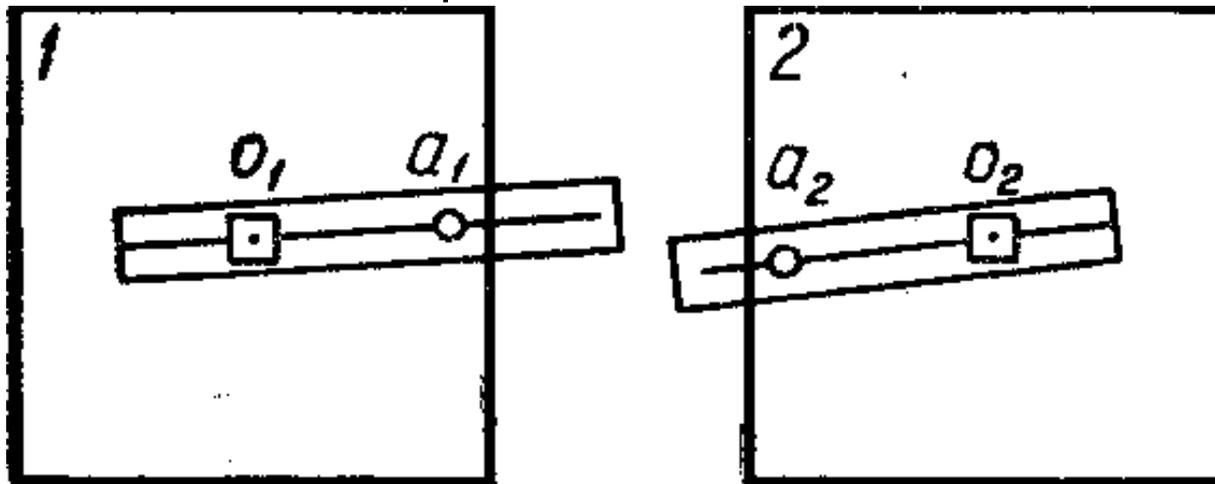
где $\delta_h = 0,1$ мм;

r — расстояние от вершины направлений до угла рабочей площади на аэронегативе;

- 2) движущиеся предметы (автомобили, углы теней, урезы воды и пр.).

Графическая фототриангуляция

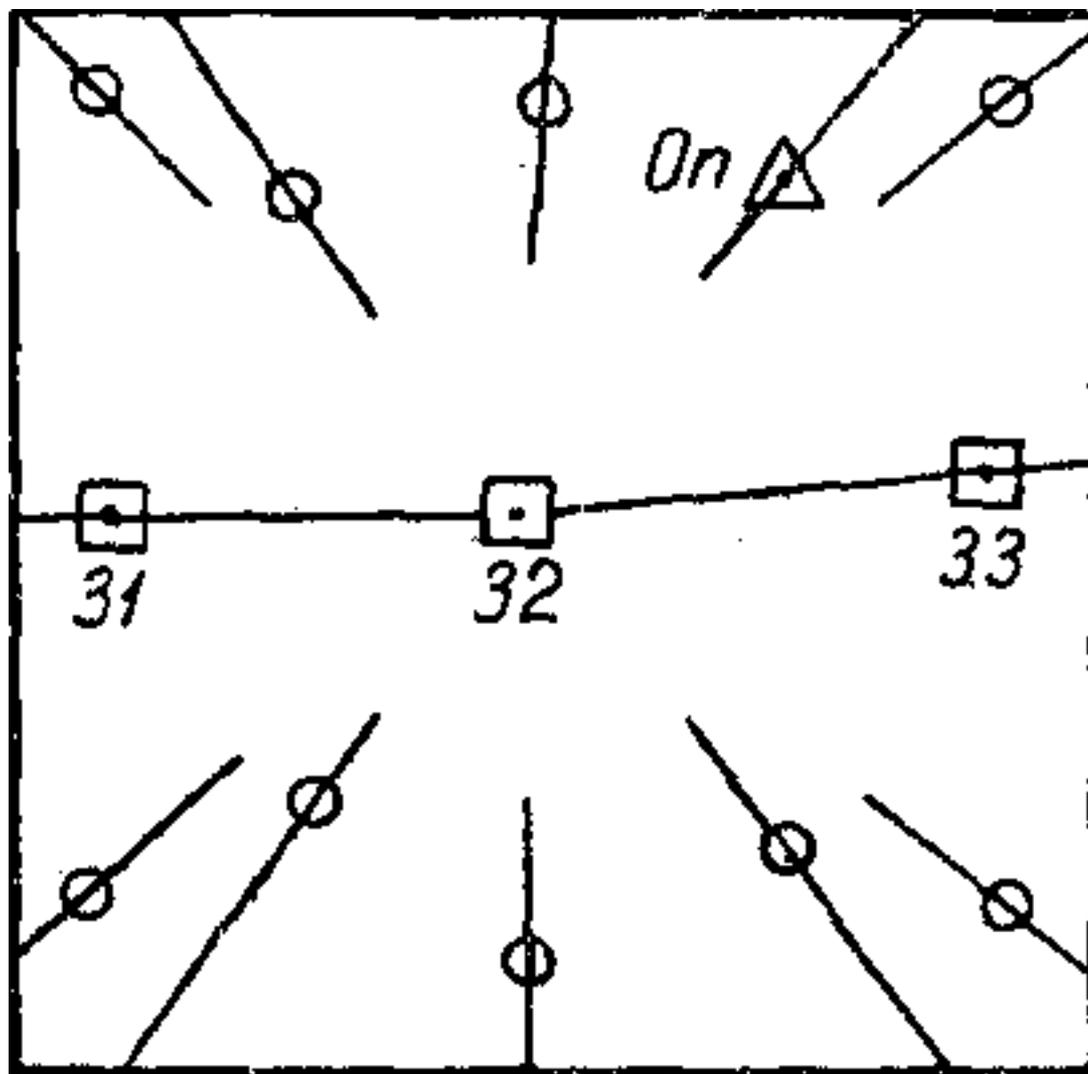
- Каждое центральное направление на аэронегативе фиксируется двумя наколами, совмещенными, как правило, с контурными точками, из которых первым наколом является вершина направлений, а вторым — соответствующая фототриангуляционная точка.
- Направления на центры смежных аэронегативов называются **начальными**. Центры должны отождествляться и накаливаться на смежных аэронегативах с **особой тщательностью**. От точности их отождествления в значительной мере зависит и точность построения фототриангуляции.
- При продольном 60-процентном перекрытии рабочие центры опознаются на смежных аэронегативах.



Графическая фототриангуляция

- Пучки направлений, необходимые для построения фототриангуляции, проводят не на аэронегативе, а на восковках.
- Для этого с аэронегативов фототриангуляции копируют наколы на листы восковки. Затем из собственного центра на восковке тушью проводят направления на все фототриангуляционные точки и получают восковку направлений.
 - Для восковок направлений заранее нарезают квадратные форматки из рулонной восковки. Размер стороны квадрата выбирают с учетом масштаба развития.
- Масштаб свободного ряда зависит от величины первого базиса, который обычно выбирают так, чтобы он был близким к заданному масштабу фотоплана. Для этого величину базиса, измеренного на аэроснимке, умножают на коэффициент трансформирования (K_t).

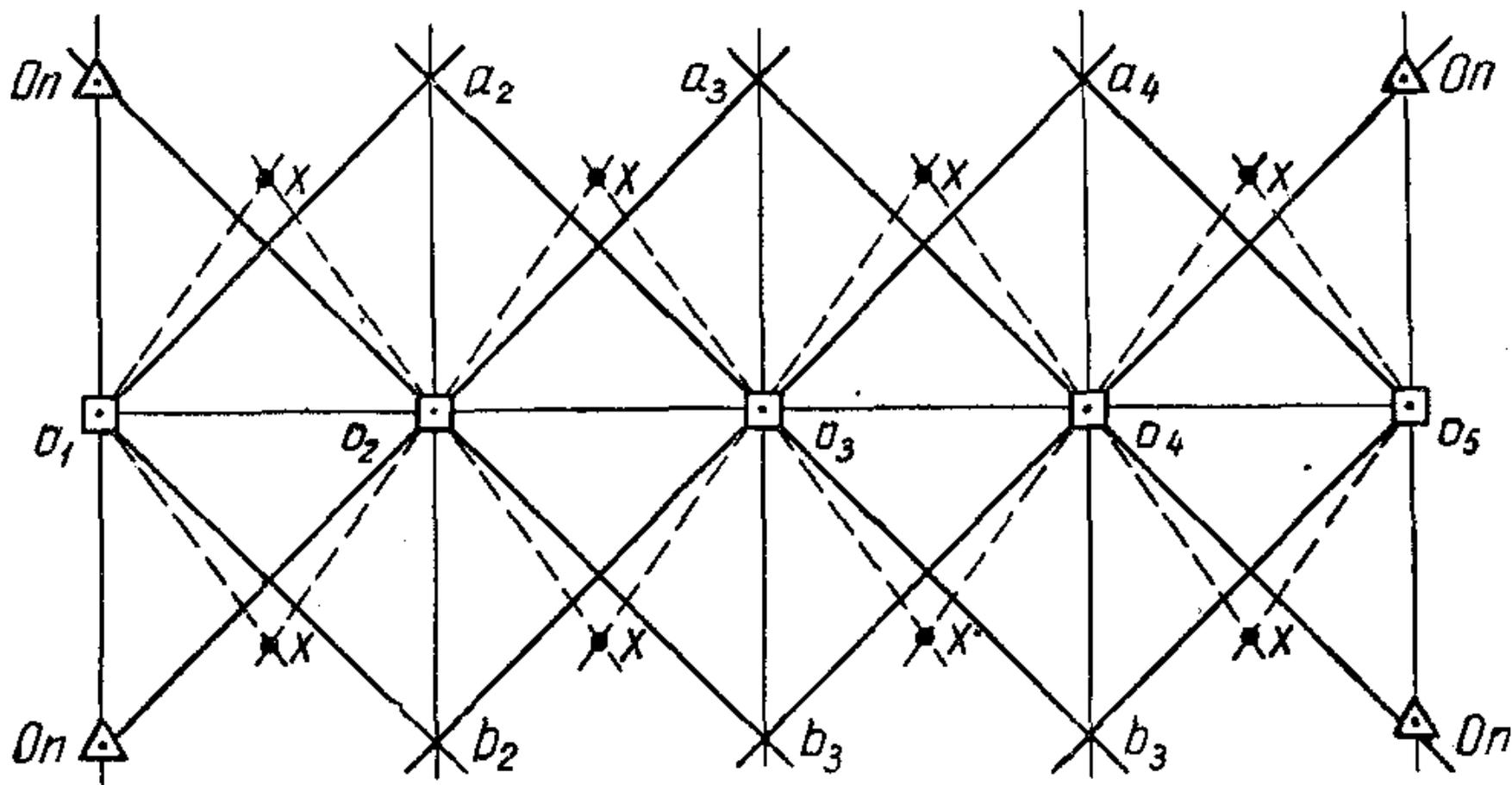
Графическая фототриангуляция



Графическая фототриангуляция

- Укладку (монтаж) восковок направлений для построения свободного фототриангуляционного ряда выполняют на восковке, называемой общей восковкой.
- Сначала укладывают на полосе первые две восковки направлений, совмещая их начальные направления и устанавливая расчетную величину первого базиса.
 - Базис направляют вдоль оси полосы так, чтобы на ней уместился весь фототриангуляционный ряд.
- При укладке восковок решаются три фотограмметрические засечки — прямая, обратная и комбинированная.
- Укладывая первые две восковки с центрами o_1 и o_2 , определяют плановое положение опорных, ориентирующих и связующих точек в масштабе первого базиса o_1o_2 по способу прямой засечки.
- Положение центра третьей восковки на начальном направлении o_2o_3 определяют по способу комбинированной засечки, состоящему в сочетании обратной засечки (совмещении соответственных направлений с ранее засеченными точками o_2, a_2, b_2) с требованием совмещения начальных направлений o_3o_2 и o_2o_3 второй и третьей восковок.
- Для этого совмещают начальное направление o_3o_2 третьей восковки с соответственным начальным направлением o_2o_3 второй; затем перемещают третью восковку поступательно влево или вправо до тех пор, пока ее боковые направления на связующие точки a_2 и b_2 при совмещенных начальных направлениях не пройдут через эти заранее засеченные точки.

Графическая фототриангуляция



- По мере укладки восковок на монтажном столе их постоянно закрепляют грузиками. После укладки последней восковки получают свободный фототриангуляционный ряд.

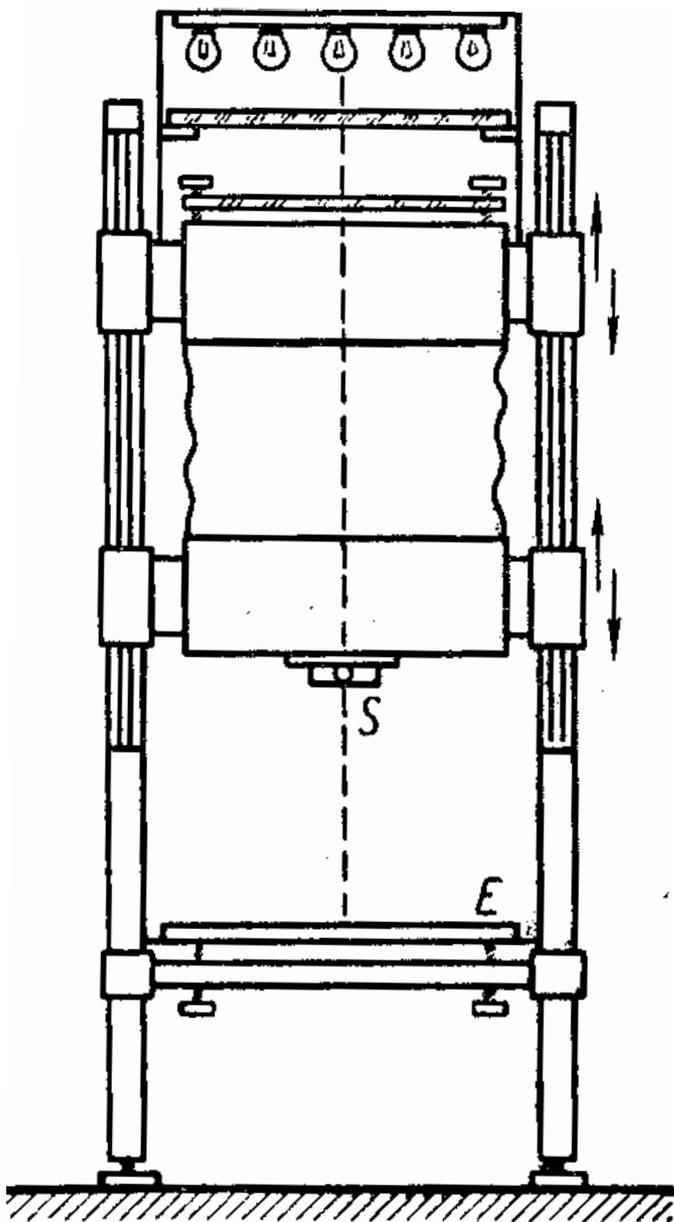
Графическая фототриангуляция

- Вследствие накопления погрешностей при выполнении различных операции на связующих точках в процессе укладки могут получаться **треугольники погрешностей**.
 - Если стороны треугольника **превышают 0,3 мм**, то это указывает на допущенные ошибки в ранее выполненных процессах и на **необходимость их переделки**. Если стороны треугольника погрешностей получатся менее допустимой величины, то восковку направлений укладывают так, чтобы вместо одного треугольника получались два — на верхней и нижней связующих точках, но меньших размеров. Это будет среднее, наиболее вероятное положение укладываемой восковки.
- После укладки восковок направлений **перекалывают тонкой иглой** на общую восковку собственные центры и засеченные с них опорные и ориентирующие точки свободного фототриангуляционного ряда. Переколотые на общую восковку точки оформляют тушью.
- Полученная на общей восковке система точек произвольно ориентирована и расположена в одном, но произвольном масштабе. Для перенесения этой системы точек на планшет следует провести **редуцирование ее по опорным точкам**.

Редуцирование фототриангуляции

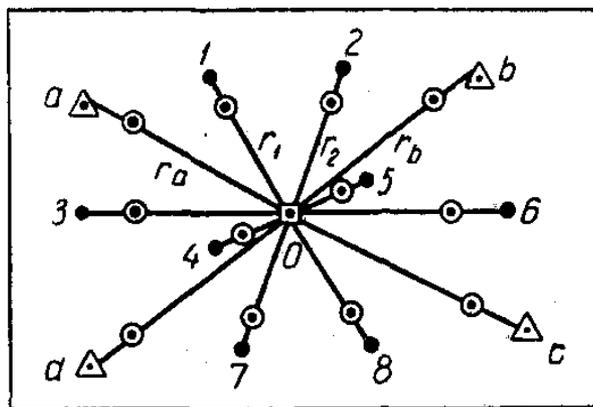
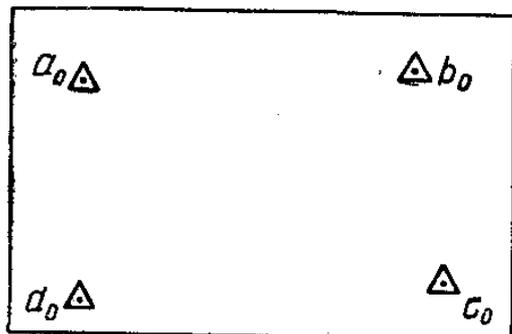
- **Редуцирование свободных фототриангуляционных рядов (сетей)** заключается в приведение их к масштабу создаваемого плана с одновременным ориентированием относительно геодезической системы координат.
- Основные виды редуцирования оптическое и графо-аналитическое.
- Оптическое редуцирование может выполняться при помощи различных проектирующих приборов.
- **Сущность оптического редуцирования** заключается в следующем. В кассету проектирующей камеры закладывают общую восковку с нанесенными на ней фототриангуляционными точками и путем проектирования их на экран получают изображение этих точек. Совместив посредством изменения масштаба и ориентирования оптическое изображение опорных точек с их положением на основе, перекальвают на нее ориентирующие точки и центры.

Редуцирование фототриангуляции



- В производственных условиях для оптического редуцирования наиболее широко применяют оптический редуктор Н. А. Попова. Этот прибор позволяет вести редуцирование рядов и сетей.
- Редуктор Н. А. Попова состоит из трубчатой станины высотой 3 м, площадью основания 1,4 X 1,4 м. Внутри станины подвижная вертикальная проекционная камера, имеющая кассету со стеклом формата 60 x 60 см и объектив с $F = 500$ мм. Над кассетой находится осветительное устройство.
- Под объективом расположен горизонтальный стол-экран размером 100 X 100 см. Ниже экрана и стекла кассеты расположены юстировочные и подъемные винты для приведения экрана и кассеты в горизонтальное положение.

Редуцирование фототриангуляции



- Сущность графо-аналитического редуцирования заключается в определении коэффициента редуцирования по формуле:

$$K = \frac{l_0}{l},$$

где l_0 и l — измеренные расстояния между опорными точками на плановой основе и на общей восковке

вычислении и введении поправок в положение всех фототриангуляционных точек на восковке по направлению радиусов, исходящих из **средней точки сети, принятой за полюс.**

Редуцирование фототриангуляции

- По измеренным расстояниям между любой парой опорных точек на плане и соответственно на восковке можно вычислить коэффициенты редуцирования по формулам:

$$K_1 = \frac{a_0 b_0}{ab}, \quad K_2 = \frac{b_0 c_0}{bc}, \quad K = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_n}{n}$$

Значение коэффициентов редуцирования вычисляется с точностью до 0,001

Для редуцирования фототриангуляционной сети одну из центральных точек ее, расположенную на восковке в середине сети, принимают за полюс и проводят из нее карандашом радиальные лучи на все точки сети. Затем измеряют длины лучей (радиусов) r от полюса до каждой точки и вычисляют их редуцированное значение по формуле: $r_0 = Kr$

После редуцирования общую восковку накладывают на плановую основу, совмещают редуцированное положение опорных точек с их положением на основе и перекалывают на нее редуцированное положение всех остальных точек фототриангуляции.

Лекция окончена

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ