



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Высшая геодезия и фотограмметрия»

Практикум

к выполнению лабораторных работ
на тему: «Трансформирование
аэрокосмических снимков. Составление
контурного плана»
по дисциплине

«Фотограмметрия»

для обучающихся по специальности 21.05.01
«Прикладная геодезия», специализация
«Инженерная геодезия»

Автор
Самсонова Н.В.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия», специализация «Инженерная геодезия»

Изложены подробные пояснения, варианты заданий и рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Автор



к.э.н., зав. кафедрой «ВГиФ»
Самсонова Н.В.





Оглавление

Трансформирование аэрокосмических снимков. составление контурного плана	4
Цель работы	4
Исходные данные	4
Содержание работы.....	4
Краткие сведения и порядок выполнения задания	5
Литература	18

ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ. СОСТАВЛЕНИЕ КОНТУРНОГО ПЛАНА

Цель работы

По опорным точкам привести изображение наклонных аэро-снимков к горизонтальному положению с использованием взаимно проективных сеток.

Исходные данные

1. Комплект дешифрованных аэрофотоснимков.
2. Каталог геодезических координат трансформационных и контрольных точек.

Содержание работы

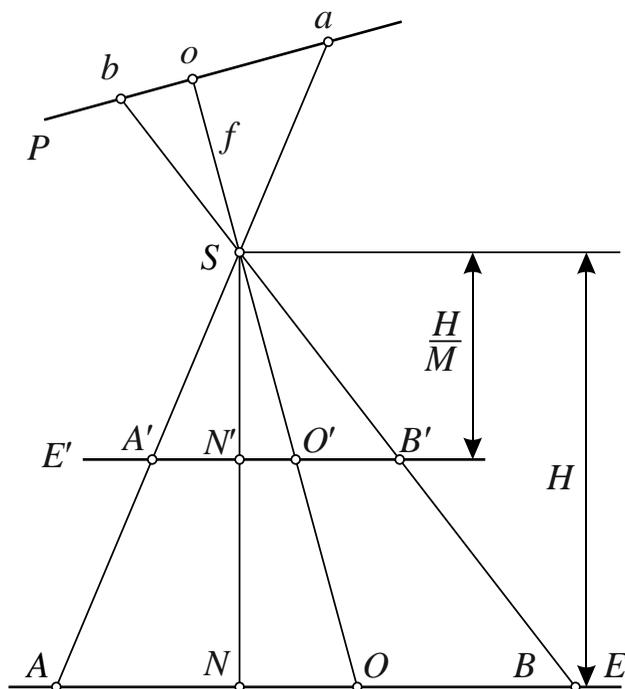
1. Изготовить основу с трансформационными точками необходимого масштаба.
2. На дешифрованных аэроснимках и на основе по четырём соответственным трансформационным точкам построить проективные сетки.
3. Перенести по сеткам с аэроснимка на план контрольные точки и измерить величины несовпадения перенесённых точек с их координатным положением на основе, которые не должны превышать 1 мм.
4. По сеткам перенести в карандаше ситуацию с аэро-снимка на основу.
5. Произвести корректуру плана сличением его контуров с контурами аэрофотоснимка. Выявленные при этом грубые ошибки и пропуски исправить.
6. Трансформированный план из оформить в соответствии с условными знаками заданного масштаба.
7. В соответствии с координатами границ трансформированного плана определить номенклатуру, размеры рамки топографической трапеции и координаты углов внутренней рамки.
8. Нанести на контурный план географическую и прямоугольную сетки координат.
9. Вычертить внешнюю рамку и выполнить зарамочное оформление в соответствии с требованиями условных знаков заданного масштаба.
10. Оформить контурный план тушью в соответствующих цветах.
11. * При расположении участка съёмки на нескольких

листах карты выполнить контроль сводки контуров по границам смежных трапеций.

Краткие сведения и порядок выполнения задания

Трансформированием называется преобразование наклонного аэроснимка в изображение, соответствующее горизонтальному аэроснимку заданного масштаба. В процессе такого преобразования устраняются смещения точек, вызванные наклоном аэрофотоснимка, и получаемое изображение (его называют *трансформированным*) при равнинной местности равнозначно плану.

Для понимания сущности трансформирования представим, что мы восстановили положение центра проекции S и наклонного аэронегатива P относительно сфотографированной равнинной местности (горизонтальной плоскости E , рис. 1). Одноимённые точки аэроснимка и местности располагаются на соответственных проектирующих лучах, идущих через S .



Трансформирование аэрокосмических снимков. Составление контурного плана

Рис. 1. Сущность трансформирования аэроснимков

Построим горизонтальную плоскость E' , отстоящую от S на расстоянии $SN' = H/M$, где H – высота фотографирования, $1:M$ – масштаб создаваемого плана.

Получаемое в пересечении проектирующих лучей с этой плоскостью трансформированное изображение соответствует горизонтальному аэроснимку в масштабе плана $\frac{1}{M} = \frac{SN'}{SN} = \frac{O'B'}{OB} = \frac{O'A'}{OA}$. При этом переход от главного масштаба аэроснимка $\frac{1}{m} = \frac{f}{H}$ к масштабу плана $\frac{1}{M}$ происходит с коэффициентом трансформирования.

$$K_t = \frac{m}{M} = \frac{H}{fM}. \quad (1)$$

В случае неравнинного рельефа точки трансформированного изображения участков местности, не лежащих в начальной плоскости E , смещаются за рельеф (например, точка A' смещена относительно соответственной точки A_o' плана – рис. 2). Величина этого смещения определяется по формуле

$$\delta'_h = r_{\text{тр}} \frac{h}{H}, \quad (2)$$

где $r_{\text{тр}}$ – расстояние между N' и точкой трансформированного изображения; h – превышение соответственной точки местности над E .

При плановой аэросъёмке $r_{\text{тр}} \approx K_t r$, где r – соответственное $r_{\text{тр}}$ расстояние на аэронегативе, а $K_t = \frac{H}{fM}$. Следовательно,

$$\delta'_h = K_t \frac{rh}{H} = \frac{rh}{fM}. \quad (3)$$

Задаваясь допустимым значением δ'_h доп, из формулы (3) можно найти соответствующую ей величину превышения $h_{\text{доп}}$. Поскольку $h_{\text{доп}}$ может иметь знак «+» или «-», то всё превышение на местности, при котором смещения за рельеф на трансформированном изображении не превысят $|\delta'_h \text{ доп}|$, равно $2h_{\text{доп}}$. Величину $2h_{\text{доп}}$ называют *высотой зоны* и обозначают через $h_{\text{зоны}}$.

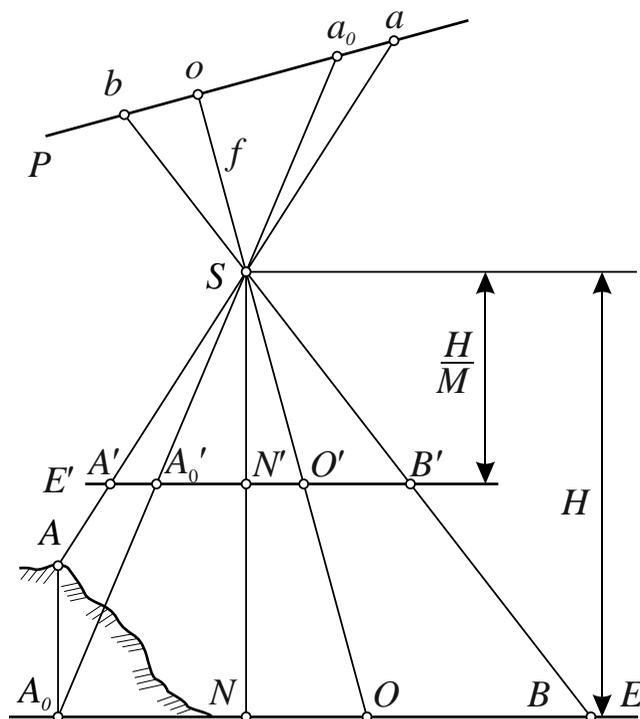


Рис. 2. Влияние рельефа при трансформировании аэроснимка

$$h_{\text{зоны}} = 2\delta'_{h \text{ доп}} \frac{fM}{r}. \quad (4)$$

В табл. 1 даны значения $h_{\text{зоны}}$ в метрах для различных M и f при $r = 80$ мм и обычно принимаемой величины $\delta'_{h \text{ доп}} = 0.4$ мм.

Таблица 1

M	Фокусные расстояния f , мм		
	100	200	350
10 000	10	20	35
25 000	25	50	88

Если на местности (в пределах рабочей площади аэроснимка) превышения $h \leq h_{\text{зоны}}$, то местность считают равнинной и влияние рельефа при трансформировании не учитывают. При

Трансформирование аэрокосмических снимков. Составление контурного плана

$h > h_{\text{зоны}}$ производят *трансформирование по зонам*, количество которых $n = h/h_{\text{зоны}}$. В этом случае вместо одного используют n трансформированных изображений, на каждом из которых соответствующая зона приведена к масштабу плана. Объединяя эти зоны, получают план (фотоплан).

Существует несколько видов трансформирования: фотомеханическое, оптико-графическое, аналитическое, графическое.

Фотомеханическое трансформирование (фототрансформирование) выполняется на специальных приборах – *фототрансформаторах*. В этом случае спроектированное на экран прибора трансформированное изображение аэронегатива печатают на фотобумаге, получая трансформированный аэроснимок. Монтируя такие аэроснимки, изготавливают фотоплан, обладающий высокой информативностью.

Оптико-графическое трансформирование производят на проекторе (фотоувеличителе). После построения трансформированного изображения его контуры обводят на основе и получают графический план.

Аналитическое трансформирование заключается в вычислении координат точек горизонтального снимка по координатам соответственных точек наклонного. Такие вычисления производят с помощью компьютерных технологий при аналитической фототриангуляции.

Графическое трансформирование выполняют путём переноса ситуации с аэроснимка на основу при помощи построенных на них *проективных сеток*. Построение сеток производят с использованием простых чертёжных инструментов. Это позволяет применять графическое трансформирование для составления графического плана в экспедиционных условиях.

Трансформирование может выполняться двумя способами: по установочным элементам или по опорным точкам. В первом случае используют указанные элементы, определённые по элементам внешнего ориентирования аэроснимка; во втором – трансформационные точки аэроснимка, положение которых на основе получают либо с помощью наземных геодезических измерений, либо, как правило, камерально с помощью фототриангуляции.

Графическое трансформирование аэроснимков

При графическом трансформировании на аэрофотоснимке и на изготовленной основе строят по четырём одноимённым трансформационным точкам взаимно проективные сетки. Затем с их помощью переносят дешифрованные контуры с аэроснимка на основу, устраняя тем самым смещения точек аэроснимка за его наклон. Получаемое на основе изображение при равнинной местности является планом.

Чтобы ошибки переноса не превышали допустимой средней ошибки положения точки плана (0.5 мм), величина сторон клеток сетки на основе не должна быть более 5 – 7 мм. Сетку строят на аэроснимке синей или зелёной тушью, а на основе – карандашом.

Известны различные способы построения проективных сеток. Наиболее распространённым является способ подобных фигур.

Способ подобных фигур. Пусть на аэрофотоснимке и на основе даны четыре соответственных точки a, b, c, d и a_0, b_0, c_0, d_0 (рис. 3). Соединяя их прямыми, получим два четырёхугольника с диагоналями, пересекающимися в соответственных точках k и k_0 .

Далее произведём начальные построения, заключающиеся в нахождении соответственных точек $1, 2, 3, 4$ и $1_0, 2_0, 3_0, 4_0$ аэроснимка и основы.

Для получения точек $1, 2$ построим прямую a_1a_1 , параллельную ad , и через полученные на сторонах ab и dc точки a_1 проведём прямые, параллельные диагоналям ac и bd , получая в пересечении точку $1'$. Затем построим прямую, параллельную bc , а через полученные на сторонах ab и dc точки b_1 проведём прямые, параллельные диагоналям, получая в пересечении точку $2'$. Соединяя $1'$ и $2'$ (прямая должна пройти через точку k), получим в пересечении с ad и bc точки $1, 2$.

Аналогичным образом находят положение точек $3, 4$ на аэроснимке и точек $1_0, 2_0, 3_0, 4_0$ на основе. Полученные точки лежат на прямых, проходящих через пересечение соответствующих сторон четырёхугольника.

После нахождения точек $1, 2, 3, 4$ и $1_0, 2_0, 3_0, 4_0$ переходят к построению проективных сеток. Для этого на основе в малых четырёхугольниках ($b_0k_0k_01_0$ и др.) проводят диагонали $1_0 - 4_0, 4_0 - 2_0, 2_0 - 3_0, 3_0 - 1_0$. Затем через пересечения построенных диагоналей с основными (a_0c_0, b_0d_0) проводят прямые. Их пересечения со сторонами малых четырёхугольников образуют новые вспомогательные точки, через которые следует провести диагонали. По-

строения продолжают до тех пор, пока стороны клеток не станут равны примерно 5 – 7 мм.

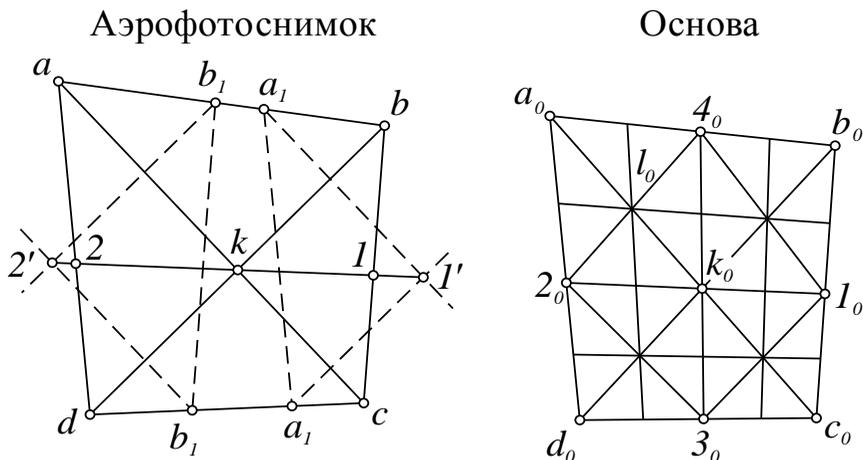


Рис. 3. Построение взаимно проективных сеток

Аналогичным образом строят на аэроснимке сетку, которая должна быть разбита на такое же количество клеток, что и на основе. Контролем правильности построения является пересечение соответствующих прямых (например, в точке h), при этом треугольники погрешностей не должны превышать 0.2 – 0.3 мм.

Перед перенесением контуров с аэроснимка на основу с помощью контрольных точек проверяют правильность построения проективных сеток. Если эти точки по сеткам перенести с аэроснимка на основу, то несовпадение их с одноимёнными точками основы не должно превышать 1 мм. Контрольными точками могут служить избыточные трансформационные, а также центральные точки аэроснимков.

Затем дешифрованные элементы аэрофотоснимка переносят глазомерно по клеткам на основу.

После переноса производят корректуру (контроль) полученного плана, которая заключается в следующем.

1. Сличая дешифрованные аэроснимки с планом, убеждаются в отсутствии на нём пропусков и грубых ошибок. В случаях заметного нарушения примерного подобия контуров аэроснимка и плана проверяют правильность трансформирования.

Трансформирование аэрокосмических снимков. Составление контурного плана

2. Контролируют точность плана по расхождениям одноимённых контуров на границах сеток смежных аэроснимков. Расхождение чётких контуров не должны превышать 0.7 мм.

Построение проективных сеток по способу центральных направлений. Из всех факторов, вызывающих искажения направлений на аэроснимке, наиболее существенными являются:

- влияние угла наклона;
- влияние рельефа местности;
- деформация аэроснимка.

На плановом аэроснимке средняя квадратическая ошибка направления, проведённого из его главной точки, не превышает 5'.

Это свойство аэроснимков и использовано в излагаемом способе. На аэроснимке по координатным меткам находят главную точку o , которую отмечают небольшим крестиком. Затем на основе и аэроснимке соединяют прямыми линиями смежные трансформационные точки и в результате получают два проективных четырёхугольника $abcd$ и $a_0b_0c_0d_0$ (рис. 4). Каждую сторону четырёхугольника на аэроснимке делят точками на примерно равные между собой отрезки по 5–10 мм, причём на противоположных сторонах количество отрезков должно быть одинаковым. Длины отрезков, то есть густоту сетки для трансформирования, выбирают в зависимости от размера и количества контуров, подлежащих трансформированию. Под аэроснимок подкалывают восковку и на неё перекалывают главную точку, трансформационные и вспомогательные точки, отмеченные на сторонах четырёхугольника $abcd$.

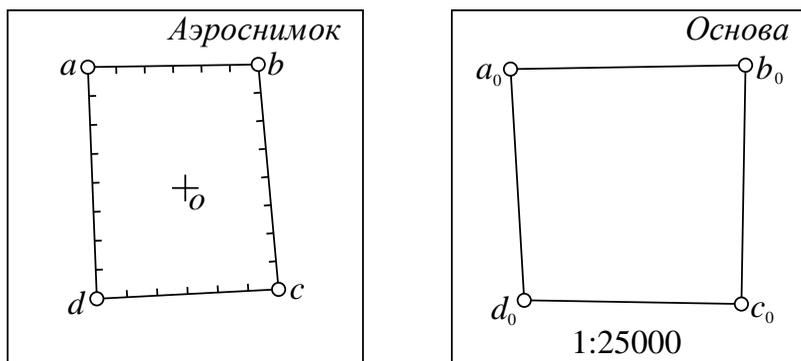


Рис. 4. Нанесение трансформационных точек

На восковке проводят направления из главной точки на все остальные переколотые с аэроснимка точки, причём на трансформационные их проводят сплошными линиями до края восковки, а на вспомогательные – в виде коротких штрихов (рис. 5).

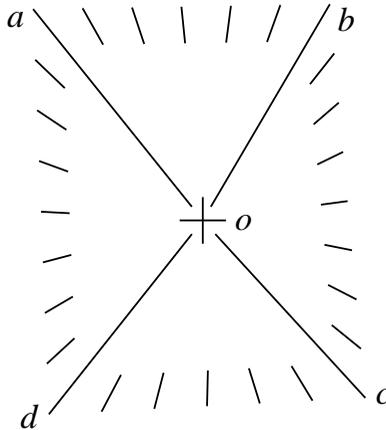


Рис. 5. Построение центральных направлений на восковке

Восковку переносят на основу и добиваются одновременно прохождения направлений на ней oa , ob , oc , od через соответствующие трансформационные точки основы. Закрепив восковку грузиками в этом положении, перекальвают пересечения остальных штрихов со сторонами четырёхугольника на основе. Затем на аэроснимке и на основе соединяют прямыми линиями противоположные точки и в результате получают взаимно проективные сетки (рис. 6).

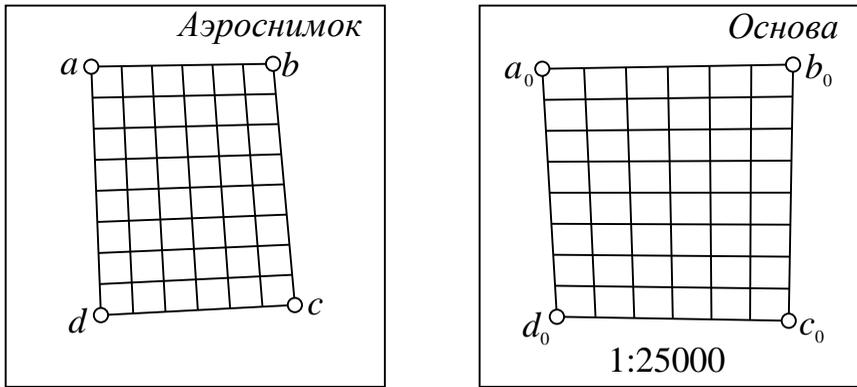


Рис. 6. Построение взаимно проективных сеток

Построение проективных сеток полярным способом. Пусть на снимке и на основе (рис. 7) даны четыре трансформационные точки – соответственно a, b, c, d и a_0, b_0, c_0, d_0 . Соединим трансформационные точки попарно прямыми линиями на снимке и на плане. Получим два соответственных (проективных) четырёхугольника с диагоналями, пересекающимися в соответственных точках k и k_0 . Все дальнейшие построения производятся на аэроснимке и основе аналогично.

Продолжим прямые ab и cd , а также ad и bc до их взаимного пересечения. Точки пересечения p, p_0 и q, q_0 будут попарно соответственными. Проведём на снимке и на основе через точки p, q и p_0, q_0 и точки k и k_0 прямые, которые пересекутся со сторонами четырёхугольника в точках $1, 2, 3$ и 4 . Эти точки будут служить вспомогательными для построения проективных сеток. Для этого проведём диагонали полученных малых четырёхугольников $1-4, 4-2, 2-3, 3-1$. Через новые пересечения диагоналей и полюсы p и q снова проведём лучи, которые дадут в пересечении со сторонами малых четырёхугольников новые вспомогательные точки и разделят каждый из них на четыре ещё меньших четырёхугольника. Такое деление сетки продолжают до тех пор, пока на плане не получатся стороны клетки порядка 5 мм. Общее количество четырёхугольников на снимке и на плане должно быть одинаковым.

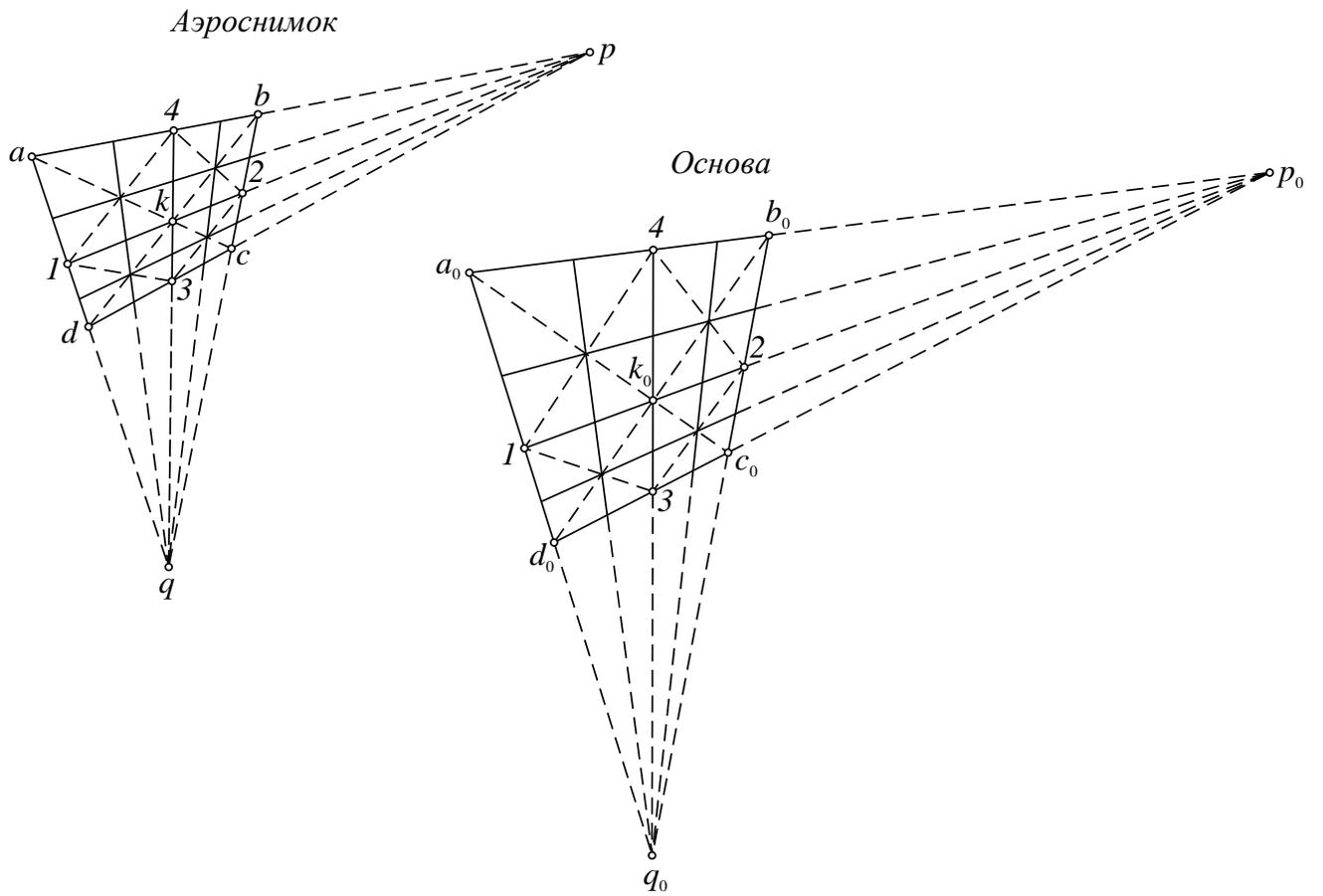


Рис. 7. Построение проективных сеток полярным способом

Трансформирование аэрокосмических снимков. Составление контурного плана

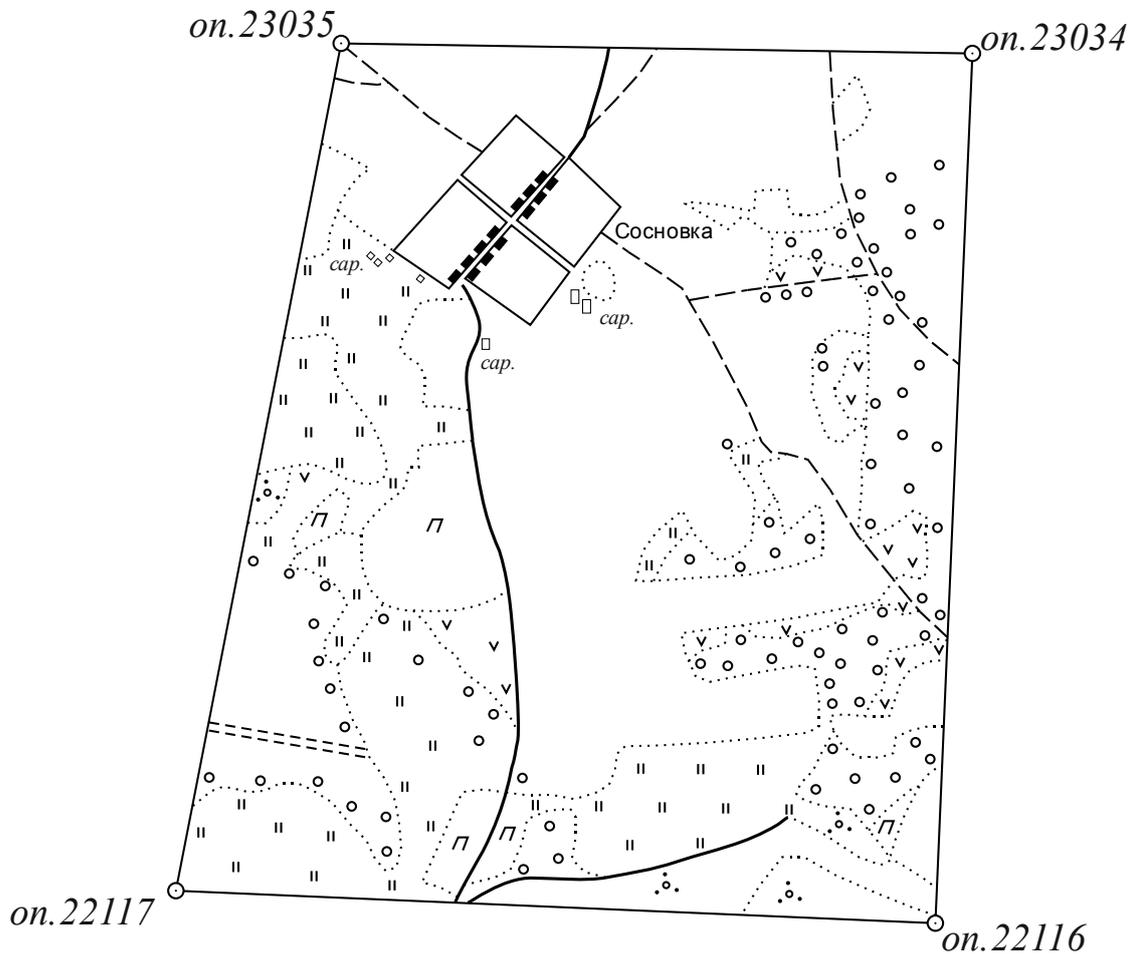
Плановой основой для графического трансформирования служит чертёжная бумага, на которой по координатам нанесены геодезические пункты и все трансформационные точки.

Проективные сетки строят на снимке цветной тушью, наиболее ярко выделяющейся на фоне изображения, а на плановой основе – карандашом.

Контролем правильности построения сеток является выполнение условия, чтобы точки пересечения диагоналей каждого ряда клеток располагались на одной прямой; получение соответствия в положении на снимке и на плане нескольких контрольных точек, не использовавшихся в построении сеток. Если контрольные точки перенести по клеткам со снимка на основу, то несовпадение их с одноимёнными точками на основе не должно превышать 1 мм. Контрольными точками могут быть избыточные трансформационные и геодезические точки, а также центры снимков.

Перенос ситуации на план выполняют по клеткам, перерисовывая нужные контуры с аэроснимка на основу. При этом сохраняют такое же пропорциональное отношение каждого переносимого элемента к сторонам клетки. Оформление результатов трансформирования показано на рис. 8.

*Графическое трансформирование планового аэроснимка
по 4 трансформационным точкам*



Масштаб 1:25000

Рис. 8. Пример оформления результатов трансформирования

Трансформирование аэрокосмических снимков. Составление контурного плана

Контурный (штриховой) план местности является конечной продукцией контурной аэросъёмки. Для его изготовления необходимо перенести результаты дешифрирования с аэроснимков или фотосхем на фотоплан (или дешифровать сам фотоплан) и затем устранить фотоизображение. На полученном в результате этих действий контурном плане ситуация местности показывается условными знаками.

Обычно на мозаичный фотоплан укладывают прозрачный пластик и вычерчивают на нём условными знаками элементы дешифрирования, проводя их границы по фотоизображению. В результате получают оригинал контурного плана с хорошим чистотой черчением.

После вычерчивания всех элементов оригинал контурного плана размножают различными способами на бумаге или в цифровом виде, предварительно приведя его к заданному масштабу. Для этого часто применяют офсетную печать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по дешифрированию аэрофотоснимков и фотопланов в масштабах 1:10000 и 1:25000 для целей землеустройства, государственного учёта земель и земельного кадастра. М., 1978.
2. Основные положения по аэрофотосъёмке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. М.: Недра, 1982.
3. *Мурашев С.А., Гебгарт Я.И., Кислицын А.С.* Аэрофотогеодезия. М.: Недра, 1985.
4. *Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А.* Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебник для вузов. М.: КолосС, 2006.
5. *Самсонова Н.В.* Дистанционное зондирование и фотограмметрия (практикум): учебное пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014.