

А. Л. ИВЛЕВ

О ТОЧНОСТИ УКЛОНОВ МЕСТНОСТИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННЫМ АЭРОСНИМКАМ БЕЗ ПОЛЕВОЙ ПОДГОТОВКИ

В процессе изысканий и проектирования дорог, линий передач, каналов и других сооружений, разработки противэрозионных мероприятий, планировки населенных пунктов, географических исследований и т. д. необходимо знать уклоны местности вдоль заданных направлений.

При отсутствии подходящей топографической карты уклоны можно определять по аэроснимкам. Для этого может быть использована следующая приближенная формула [1]:

$$i = \frac{\bar{f} \frac{\Delta p}{p}}{l - t \frac{\Delta p}{p}},$$

где \bar{f} — главное расстояние аэрофотоаппарата, исправленное за систематическую деформацию аэроснимков, установленную по расстояниям между координатными метками; Δp — разность отсчетов продольных параллаксов, снятых при стереоскопическом визировании в конце и начале направления, уклон которого в натуре предстоит определить; i — расстояние, измеренное на левом или правом аэроснимке между точками визирования, либо арифметическое среднее из них (в случае негиростабилизированных аэроснимков); t — определенное так же расстояние от основания перпендикуляра, опущенного из главной точки аэроснимка на отрезок l или продолжение до точки визирования, служащей в качестве конечной (значение t принимаем положительным при размещении от перпендикуляра вперед, то есть по направлению l , и отрицательным — назад); $p = b_{п(л)} + \Delta p_k$, где $b_{п(л)}$ — базис фотографирования, измеренный на правом (левом) аэроснимке, Δp_k — разность отсчетов продольных параллаксов, снятых при наблюдении конечной точки отрезка l и левой (правой) главной точки.

Эта рабочая формула обеспечивает учет изменения только расстояния l от наклона направления на местности. Поэтому при наличии обычных плановых аэроснимков разности Δp надо измерять на топографическом или прецизионном стереометре с включением корректоров, хотя бы по высотам имеющейся карты наиболее крупного масштаба.

Другое дело, когда используются гиростабилизированные аэроснимки. Тогда методическая ошибка определения уклонов, связанная с неучетом влияния наклона аэроснимка α , составляет при $l = 10-60$ м

в среднем около 0,003, то есть достаточно небольшая. Поэтому при пониженных требованиях к точности определения значений i разности Δp можно измерять на стереометре без включения корректоров или на стереокомпараторе, а при отсутствии их и невысоких требованиях к точности результатов — при помощи любого простейшего параллаксометра.

Теоретически установлено, что если разности Δp измеряют на приборе по стереопаре, ориентированной по главным точкам, $l \geq 10$ мм и

$$\frac{\Delta p}{p} \leq \frac{l}{5f},$$

то уклоны могут быть получены со средней погрешностью 0,005, немного меньше или больше, что зависит от размера l , α , деформации фотоизображения и др. [1].

Ниже дается описание экспериментальной проверки точности определения уклонов, выполненной по реальным гиросtabilизированным аэроснимкам без полевой подготовки.

Участок работ представляет собой слегка всхолмленную местность с наибольшими разностями высот до 40 м, крутизной скатов не больше 15°.

Аэрофотосъемка местности выполнена в середине сентября с высоты менее 500 м. Аэрофотоаппарат ТЭ-70 помещался на гиросtabilизирующей установке типа Н-55. Продольное перекрытие около 63%, поперечное — 33—50%. Углы наклона 22 из 48 использованных аэроснимков достигают 20—30', а отдельные — и несколько больше, что объясняется малыми размерами аэрофотосъемочного участка и высотой полета.

Уклоны определены по сторонам четырех ходов, расположенных в зонах поперечного перекрытия, по одному в каждой на протяжении 8-9 стереопар.

Длина ходов, начиная с северного, — 3,5; 4,4; 3,6 и 4,9 км. Ходы имеют 14, 16, 15 и 24 стороны. Расстояния в них составляют 24—48, 21—72, 16—60 и 13—61 м.м, то есть в среднем 35, 40, 35 и 30 м.м. Наибольшие углы наклона стороны 5; 4,5; 2,5 и 3°, а средние — в первом ходе около 1, 5°, в других — 1°.

Разности параллаксов Δp и базисы b_n измерялись на топографическом стереометре СТД-2. Предварительно визирные нити тщательно и устойчиво устанавливались перпендикулярно направлению движения главной каретки при отключенных корректорах. Сохранность такого положения затем ежедневно проверялась в начале и конце наблюдений.

Для измерений использовали новые контактные отпечатки на обычной фотобумаге. Выравнивание их на кассетах осуществлялось с помощью покровных стекол такого же формата и кассетных зажимов. Каждую стереопару ориентировали только по главным точкам, но очень тщательно.

Отсчеты по винту продольных параллаксов брались дважды, а при расхождении больше 0,03 мм и трижды. За окончательные приняты средние арифметические.

Расстояния l и t измерялись при помощи логарифмической линейки до 0,1 мм. При этом основание перпендикуляра находили с использованием прозрачного треугольника — транспортира — и фиксировали наколкой через небольшое отверстие в центре.

Значение f определяли для аэроснимка стереопары, на котором измеряли l и t , учитывая систематическую деформацию, установленную по координатным меткам в направлении маршрута.

Фотограмметрические значения уклонов сторон каждого хода получены двумя приемами: сначала по аэроснимкам одного маршрута (более северного), затем — смежного другого. В первых двух ходах за истинные взяты значения, измеренные на местности теодолитом ТТ-5, а в остальных — вычисленные по превышениям и расстояниям, измеренным нивелиром НВ-1 и мерной лентой.

Таблица 1

Распределение погрешностей уклонов по величине

Δ_i (тысячи)	1-й ход			2-й ход			3-й ход			4-й ход		
	I	II	ср.	I	II	ср.	I	II	ср.	I	II	ср.
0—2	4	4	7	4	6	8	6	3	5	8	4	11
3—5	5	5	5	6	3	5	7	5	6	8	5	8
6—8	2	2	1	4	6	3	1	2	4	6	8	5
9—10	1	2	1	1	1	—	1	2	—	1	4	—
11—12	2	1	—	—	—	—	—	3	—	—	3	—
13—15	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
16—17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
%	64	64	85	62	56	81	87	53	73	67	38	79

Распределение погрешностей фотограмметрических уклонов Δ_i по абсолютной величине показано в табл. 1. Здесь для каждого хода приведены значения ошибок уклонов в тысячных из первого приема, второго приема и их средних арифметических. В последней строке записаны проценты ошибок Δ_i в пределах 0—0,005. Они свидетельствуют о том, что при однократном решении большинство и двукратном — подавляющее большинство погрешностей не превосходит 0,005.

Таблица 2

Виды погрешностей уклонов и их величина

Вид ошибок	1-й ход ($n=14$)	2-й ход ($n=16$)	3-й ход ($n=15$)	4-й ход ($n=24$)	В целом ($n=69$)
m_c	± 4 6 3	± 5 4 4	± 3 7 4	± 5 5 4	± 6 6 4
σ	-4 -1 -2	-3 +4 +1	+3 +1 +2	+2 -4 -1	0 -1 0
m_i	± 6 6 4	± 6 5 4	± 4 7 4	± 6 7 4	± 6 6 4

В табл. 2 представлены полученные по значениям Δ_i группы случайных средних квадратических погрешностей определения уклонов m_c в тысячных по ходам и на всем участке (последняя графа), систематических ошибок σ и суммарных ошибок $m_i \approx \sqrt{m_c^2 + \sigma^2}$. При этом в первой и второй строках каждой группы записаны значения ошибок по результатам первого и второго приемов, а в третьей — по их средним арифметическим.

Как видно, ошибки уклонов практически получились небольшими, несмотря на ряд неблагоприятных особенностей эксперимента: малые

размеры аэрофотостемочного участка и высоты полета, деформацию аэроснимков, недостаточно благоприятные условия для стереоскопического наблюдения некоторых точек, неучет высоты растительности. Хорошие результаты получены при двукратном определении, поскольку они почти полностью свободны от систематических погрешностей.

Таким образом, при принципиальном направлении и размещении сооружений, планировании мероприятий и т. д. рассмотренный упрощенный способ можно применять самостоятельно, а на стадии проектирования — в дополнение к принятым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивлев А. Л. Определение уклонов местности по аэроснимкам. В сб. «Землеустройство, планировка сельских населенных пунктов и геодезия». Изд-во БСХА МСХ, Горки, 1968.
